

**PEMBUATAN SIMULASI ROBOT  
UNTUK LAS BUSUR**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Mesin



oleh:

Nama : EKO SETIYAWAN

No. MHS : 01 525 014

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2007**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PEMBUATAN SIMULASI ROBOT  
UNTUK LAS BUSUR**

**TUGAS AKHIR**



**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**( Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. )**

**( Agung Nugroho Adi, ST., MT)**

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PEMBUATAN SIMULASI ROBOT  
UNTUK LAS BUSUR**

Oleh:

Nama : Eko Setiyawan

No. Mahasiswa : 01 525 014

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai  
Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta,      Juni 2007

Tim Penguji,

Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Ketua

Risdiyono, ST., M.Eng..

Anggota I

M. Ridlwan, ST., MT.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

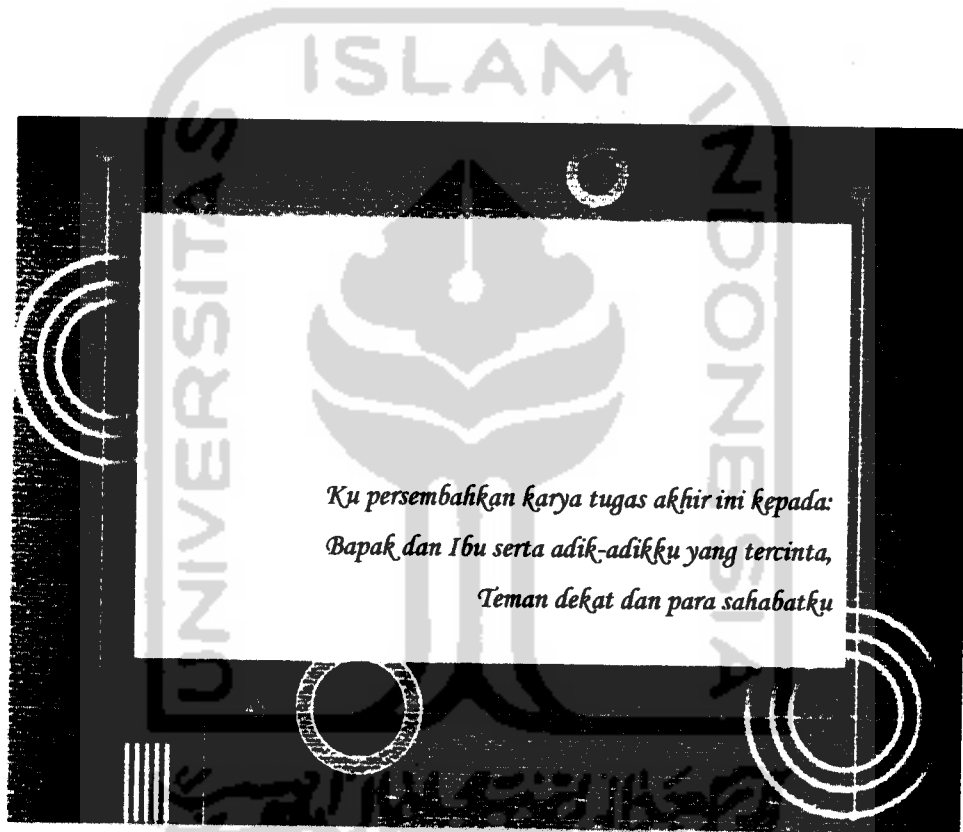
Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



M. Ridlwan, ST. MT.

## HALAMAN PERSEMBAHAN



## HALAMAN MOTTO

*"Allah pasti akan mengangkat orang yang beriman dan berpengetahuan di antara kamu beberapa tingkat lebih tinggi. Allah tahu benar segala yang kamu lakukan".*

*QS Al Mujaadilah 58 : 11*

*"Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan. Karena itu, bila selesai suatu tugas, mulailah tugas yang lain dengan sungguh-sungguh".*

*QS Al Insyrah 94 : 6-7*

*"Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum kecuali dia mau mengubahnya sendiri"*

*QS Ar Ra'du : 11*

*"Sebaik-baik manusia ialah orang yang banyak manfaatnya (kebaikannya) kepada manusia lainnya"*

*H.R. Qadla'ie dari Jabir*

*"Barang siapa yang ingin mendapatkan kesuksesan hidup di dunia dituntut untuk menguasai ilmu pengetahuan, dan barang siapa yang ingin mendapatkan kebahagiaan akhiratnya dituntut untuk menguasai ilmu pengetahuan, dan barang siapa yang ingin mendapatkan kesuksesan dan kebahagiaan keduanya juga dituntut untuk menguasai ilmu pengetahuan"*

*Sabda Rasulullah saw.*

## **KATA PENGANTAR**

**Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik walaupun dalam kenyataannya masih jauh dari kesempurnaan.**

**Laporan ini berisi tentang semua hal yang saya lakukan selama mengerjakan tugas akhir. Laporan ini berjudul “Pembuatan Simulasi Robot untuk Las Busur”.**

**Laporan ini merupakan tugas yang harus saya buat setelah menyelesaikan tugas akhir dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (Strata 1) Teknik Mesin.**

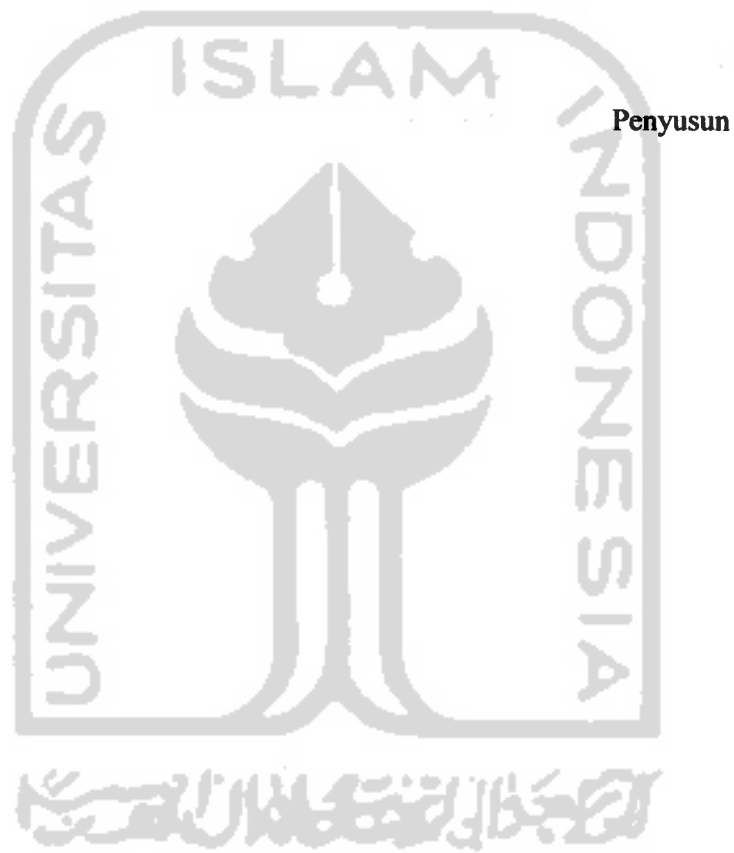
**Setelah terselesaikannya laporan ini Penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:**

- 1. Bapak Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I**
- 2. Bapak Agung Nugroho Adi, ST. MT. selaku Dosen Pembimbing II**
- 3. Bapak M. Ridlwan, ST. MT. selaku ketua jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia**
- 4. Bapak Suhadi dan Ibu Suharni tercinta yang telah memberikan banyak semangat dan dukungan**
- 5. Adik-Adikku (Dwi dan Siska) tercinta yang telah memberikan banyak semangat**
- 6. Teman dekat dan para sahabatku yang selalu membuatku tertawa dan bahagia**
- 7. Teman seperjuangan Umar Farukh dan Sunaryanto yang selalu membantu berpikir saat mendapatkan kesulitan**
- 8. Seluruh teman-teman angkatan 2001 Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia**
- 9. Seluruh teman-teman Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia**

10. Seluruh pihak-pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Karena keterbatasan-keterbatasan Penyusun maka dalam penyusunan laporan ini pasti ada kesalahan dan kekurangan sehingga Penyusun mohon saran dan kritik untuk perbaikan serta kemajuan kita semua.

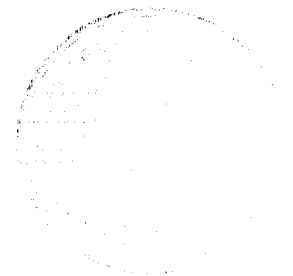
Yogyakarta, Juni 2007



## ABSTRAK

*Ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin berkembang mengakibatkan dunia industri memasuki era otomasi industri. Era di mana semua proses produksi dilakukan secara otomatis. Salah satu teknologi yang saat ini baru dikembangkan adalah robotika. Robot bisa mengerjakan proses-proses antara lain perakitan, pengelasan, pengecatan dan lain sebagainya. Robot berfungsi untuk menjalankan tugas manusia pada tiap proses dalam produksi secara otomatis. Dengan menggunakan robot industri dalam proses manufaktur dapat diperoleh tingkat produktifitas yang tinggi. Sehingga perlu dilakukan penulisan tugas akhir dengan judul pembuatan simulasi robot untuk las busur. Hal-hal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penelitian menggunakan perangkat lunak Vmap, Pembuatan manipulator articulated, Pembuatan simulasi robot untuk las busur, Produk yang dilas adalah lengan ayun Suzuki shogun 125R dan perancangan jig.*

**Kata kunci:** robot, manipulator *articulated*, las busur, jig, simulasi.





## TAKARIR

ARM	: lengan
ASSEMBLING	: perakitan
BASE	: landasan
BODY	: badan
BUS PARALLEL	: sambungan parallel
BUS SERIAL	: sambungan seri
CLOSED LOOP	: aliran tertutup
CONNECTION	: hubungan
CONTEXT	: menu
CONTROLLER	: pengontrol
COORDS	: koordinat
DEGREE OF FREEDOM	: derajat kebebasan
DEVICE	: gabungan dari komponen-komponen
DIALOG BOX	: kotak perintah
END EFFECTOR	: ujung lengan
FIXED	: tetap
INDUSTRIAL ROBOT	: robot industri
INPUT	: masukan
JIG	: alat bantu
JOINT	: sambungan
KINEMATIC TYPE	: tipe kinematik
LAYOUT	: tata letak
LIBRARY	: fasilitas
LINK	: lengan
MACHINING	: permesinan
MANIPULATOR	: gabungan dari beberapa lengan
MOBILE	: dapat berpindah
OPEN LOOP	: aliran terbuka
OUTPUT	: keluaran

<b>PAINTGUN</b>	: alat untuk mengecat
<b>PAINTING</b>	: pengecatan
<b>PART</b>	: komponen
<b>PATH</b>	: kumpulan titik
<b>PITCH</b>	: mengangguk
<b>POSITIONING</b>	: pemosisi
<b>RIGID</b>	: kaku
<b>ROLL</b>	: memutar
<b>ROT COOR</b>	: koordinat rotasi
<b>SERVICE ROBOT</b>	: robot pelayan
<b>SINGLE CONNECTION</b>	: hubungan tunggal
<b>SPACE</b>	: jarak
<b>SPEED</b>	: kecepatan
<b>SPRAYER</b>	: penyemprot
<b>SWING ARM</b>	: lengan ayun
<b>TABLE</b>	: meja
<b>TAG</b>	: titik
<b>TOOLS</b>	: alat
<b>TRAVEL</b>	: jarak
<b>TRN COOR</b>	: koordinat translasi
<b>WELDGUN</b>	: alat untuk mengelas
<b>WELDING</b>	: pengelasan
<b>WHEELED ROBOT</b>	: robot dengan roda
<b>WORKCELL</b>	: gabungan dari device
<b>WORKSPACE</b>	: ruang kerja
<b>WRIST</b>	: ujung manipulator
<b>YAW</b>	: menggeleng

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>TAKARIR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	4
2.1 Robot .....	4
2.1.1 Definisi Robot dan Komponen Utamanya .....	4
2.1.2 Jenis-jenis Robot .....	7
2.1.3 Konfigurasi Robot .....	10
2.2 Las .....	11
2.2.1 Klasifikasi Pengelasan.....	11
2.2.2 Las Busur Listrik .....	12
2.3 IGRIP .....	14
2.4 <i>Jig dan Fixture</i> .....	15

2.4.1	Tipe <i>Jig</i> dan <i>Fixture</i> .....	15
2.4.2	Fungsi <i>Jig</i> .....	18
2.4.3	<i>Clamp</i> dan <i>Locator</i> .....	19
<b>BAB III PERANCANGAN SIMULASI ROBOT UNTUK LAS</b>		
<b>BUSUR</b> .....		20
3.1	Spesifikasi .....	21
3.2	Pencarian Data .....	22
3.3	Pembuatan Simulasi .....	22
3.3.1	Pembuatan <i>Part</i> .....	23
3.3.2	Penentuan <i>Coorsys</i> .....	27
3.3.3	Pembuatan <i>Device</i> .....	28
3.3.4	Pembuatan Kinematika.....	28
3.3.5	Pembuatan <i>Workcell</i> .....	30
3.3.6	Pembuatan <i>Path</i> dan <i>Tag</i> .....	31
3.3.7	Pembuatan I/O.....	32
3.3.8	Pembuatan Program.....	32
3.4	Menjalankan Simulasi .....	33
3.5	Analisa Hasil .....	33
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b> .....		34
4.1	<i>Jig</i> .....	34
4.2	Pembuatan Kinematika.....	36
4.3	<i>Workcell</i> .....	36
4.4	Pembuatan <i>Path</i> dan <i>Tag</i> .....	38
4.5	Pembuatan <i>Input/Output (I/O)</i> .....	39
4.6	Pembuatan Program.....	40
4.7	Menjalankan Simulasi.....	40
<b>BAB V PENUTUP</b> .....		41
5.1	Kesimpulan .....	41
5.2	Saran .....	41

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kelebihan dan kekurangan Manipulator <i>Cartesian</i> .....	8
<b>Tabel 2.2</b> Kelebihan dan kekurangan Manipulator <i>Cylindrical</i> .....	8
<b>Tabel 2.3</b> Kelebihan dan kekurangan Manipulator <i>Spherical</i> .....	9
<b>Tabel 2.4</b> Kelebihan dan kekurangan Manipulator <i>Articulated</i> .....	10
<b>Tabel 4.1</b> Waktu proses yang diperlukan pada ketiga desain <i>workcell</i> .....	38



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Struktur manipulator .....	4
<b>Gambar 2.2</b>	Jenis-jenis <i>joint</i> .....	5
<b>Gambar 2.3</b>	Contoh-contoh <i>end effector</i> .....	6
<b>Gambar 2.4</b>	Manipulator <i>Cartesian</i> .....	7
<b>Gambar 2.5</b>	Manipulator <i>Cylindrical</i> .....	8
<b>Gambar 2.6</b>	Manipulator <i>Spherical</i> .....	9
<b>Gambar 2.7</b>	Manipulator <i>Articulated</i> .....	9
<b>Gambar 2.8</b>	Klasifikasi cara pengelasan .....	12
<b>Gambar 2.9</b>	Las busur elektroda terbungkus .....	13
<b>Gambar 2.10</b>	Pemindahan logam cair .....	13
<b>Gambar 2.11</b>	Las busur gas .....	13
<b>Gambar 2.12</b>	Skema pengelasan busur rendam .....	14
<b>Gambar 2.13</b>	<i>Templates jig</i> .....	15
<b>Gambar 2.14</b>	<i>Plate jig</i> .....	16
<b>Gambar 2.15</b>	<i>Sandwich jig</i> .....	16
<b>Gambar 2.16</b>	<i>Plate fixture</i> .....	17
<b>Gambar 2.17</b>	<i>Indexing fixture</i> .....	17
<b>Gambar 2.18</b>	<i>Vise jaw fixture</i> .....	18
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram alir perancangan .....	20
<b>Gambar 3.2</b>	<i>End effector</i> model <i>tweco 45</i> .....	21
<b>Gambar 3.3</b>	Lengan ayun ( <i>swing arm</i> ) Suzuki Shogun 125 R .....	21
<b>Gambar 3.4</b>	Jig pengelasan .....	22
<b>Gambar 3.5</b>	Urutan Pembuatan Simulasi pada IGRIP .....	23
<b>Gambar 3.6</b>	<i>Base</i> .....	24
<b>Gambar 3.7</b>	<i>Link1</i> .....	24
<b>Gambar 3.8</b>	<i>Link2</i> .....	24
<b>Gambar 3.9</b>	<i>Link3</i> .....	25
<b>Gambar 3.10</b>	<i>Link4</i> .....	25
<b>Gambar 3.11</b>	<i>Link5</i> .....	25

<b>Gambar 3.12</b>	<i>Link6</i> .....	25
<b>Gambar 3.13</b>	<i>Joint1</i> .....	26
<b>Gambar 3.14</b>	<i>Joint2</i> .....	26
<b>Gambar 3.15</b>	<i>Joint3</i> .....	26
<b>Gambar 3.16</b>	<i>Joint4</i> .....	27
<b>Gambar 3.17</b>	<i>Joint5</i> .....	27
<b>Gambar 3.18</b>	<i>Joint6</i> .....	27
<b>Gambar 3.19</b>	Contoh <i>coorsys</i> .....	27
<b>Gambar 3.20</b>	Manipulator .....	28
<b>Gambar 3.21</b>	Diagram alir menentukan tipe kinematika .....	29
<b>Gambar 3.22</b>	Desain 1 .....	30
<b>Gambar 3.23</b>	Desain 2 .....	30
<b>Gambar 3.24</b>	Desain 3 .....	31
<b>Gambar 3.25</b>	Contoh <i>path</i> dan <i>tag</i> .....	31
<b>Gambar 3.26</b>	Diagram I/O antar <i>device</i> .....	32
<b>Gambar 3.27</b>	Hubungan antar <i>device</i> .....	32
<b>Gambar 3.28</b>	Tampilan Program GSL .....	33
<b>Gambar 4.1</b>	Jig pengelasan yang belum sesuai dengan apa yang diharapkan .....	34
<b>Gambar 4.2</b>	Jig Pengelasan yang diharapkan .....	35
<b>Gambar 4.3</b>	Hasil tidak sesuai dengan yang diharapkan .....	36
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil sesuai dengan yang diharapkan .....	36
<b>Gambar 4.5</b>	Desain 1 .....	37
<b>Gambar 4.6</b>	Desain 2 .....	37
<b>Gambar 4.7</b>	Desain 3 .....	38
<b>Gambar 4.8</b>	Skema Simulasi Pengelasan .....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN 1</b>	Program <i>jig2</i>
<b>LAMPIRAN 2</b>	Program <i>jig1</i>
<b>LAMPIRAN 3</b>	Program manusia
<b>LAMPIRAN 4</b>	Program robot
<b>LAMPIRAN 5</b>	Gambar manipulator
<b>LAMPIRAN 6</b>	Gambar <i>base</i>
<b>LAMPIRAN 7</b>	Gambar <i>link1</i>
<b>LAMPIRAN 8</b>	Gambar <i>link2</i>
<b>LAMPIRAN 9</b>	Gambar <i>link3</i>
<b>LAMPIRAN 10</b>	Gambar <i>link4</i>
<b>LAMPIRAN 11</b>	Gambar <i>link5</i>
<b>LAMPIRAN 12</b>	Gambar <i>link6</i>
<b>LAMPIRAN 13</b>	Gambar lengan ayun
<b>LAMPIRAN 14</b>	Gambar lengan ayun bagian1
<b>LAMPIRAN 15</b>	Gambar lengan ayun bagian2
<b>LAMPIRAN 16</b>	Gambar lengan ayun bagian3
<b>LAMPIRAN 17</b>	Gambar <i>jig</i>
<b>LAMPIRAN 18</b>	Gambar <i>clamping</i>



# BAB I

## PENDAHULUAN

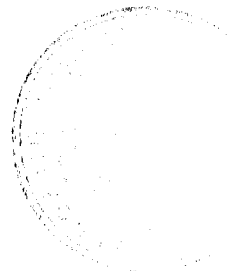
### 1.1 LATAR BELAKANG

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin maju mengakibatkan dunia industri memasuki era otomasi industri. Suatu era di mana segala proses produksi dilakukan secara otomatis. Hal ini digunakan untuk meningkatkan produktifitas kerja dan kualitas produk. Untuk mencapai hal tersebut maka para ahli di bidang teknologi mengembangkan penemuan-penemuan baru yang dapat diaplikasikan ke dunia industri.

Teknologi yang baru dikembangkan pada saat ini adalah robotika yang bidangnya sangat luas. Sekarang ini aplikasi robot dalam kehidupan manusia terutama di dunia industri berkembang dengan pesat. Para ilmuwan secara terus menerus berusaha untuk mengembangkan kemampuan yang dimiliki sebuah robot untuk melakukan tugasnya dalam suatu proses produksi, sehingga diharapkan semua langkah kerja dalam suatu proses produksi dapat dijalankan secara otomatis menggunakan kombinasi dari robot, mesin CNC, dan peralatan otomasi lainnya. Proses-proses yang dapat dikerjakan oleh robot industri antara lain adalah proses perakitan (*assembling*), proses pengelasan (*welding*), dan proses pengecatan (*painting*).

Robot berfungsi untuk menjalankan tugas manusia pada tiap proses dalam produksi secara otomatis. Dengan menggunakan robot industri ini dalam proses manufaktur dapat diperoleh tingkat produktifitas yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan pemahaman yang lebih mengenai ilmu robotika untuk perancangan dan pembuatan robot industri ini.

Dalam perancangan dan pembuatan robot diperlukan pembuatan simulasi terlebih dahulu. Simulasi robot merupakan sebuah contoh bentuk robot yang masih berupa data yang ada di komputer dengan suatu perangkat lunak tertentu. Pentingnya simulasi ini dibuat adalah untuk mengatasi segala masalah-masalah yang dihadapi selama pembuatan robot yang sebenarnya serta untuk mengatasi



masalah-masalah yang terjadi dalam suatu proses tertentu, seperti proses pengelasan, pengecatan dan perakitan. Sehingga dengan simulasi ini akan mempermudah dalam perancangan dan pembuatan robot untuk suatu proses pengelasan.

Mengingat masalah tersebut di atas, maka perlu dilakukan penulisan tugas akhir dengan judul pembuatan simulasi robot untuk las busur. Pemilihan judul ini disebabkan karena pengelasan merupakan salah satu proses yang dilakukan pada proses produksi. Selain itu pengelasan merupakan proses yang amat penting dalam teknologi produksi dengan bahan baku logam. Diharapkan dengan robot hasil pengelasan akan semakin baik dan waktu yang diperlukan semakin singkat atau cepat. Las busur adalah proses pengelasan yang gerakannya dilakukan secara *continous*.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari berbagai permasalahan dapat dibuat suatu rumusan masalah yaitu: bagaimana membuat simulasi robot untuk las busur?

## 1.3 BATASAN MASALAH

Karena luasnya masalah yang timbul dalam pembuatan simulasi robot ini maka penulis mencoba membatasi masalah. Diharapkan dengan adanya batasan masalah ini dapat menyederhanakan dan lebih mengarahkan penelitian serta pembuatan sistem agar tidak menyimpang dari apa yang diteliti dan dikembangkan. Batasan-batasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan simulasi IGRIP (*Interactive Graphics Robot Instruction Program*).
2. Pembuatan manipulator *articulated*
3. Pembuatan simulasi robot untuk las busur
4. Produk yang di las dalam simulasi ini adalah lengan ayun (*swing arm*) suzuki shogun 125R
5. Perancangan *jig* pengelasan untuk lengan ayun suzuki shogun 125R.

#### **1.4 TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk membuat simulasi robot untuk las busur.

#### **1.5 MANFAAT PENELITIAN**

Dalam penelitian yang berjudul “pembuatan simulasi robot untuk las busur” ini diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Masalah-masalah yang terjadi pada proses pengelasan dapat diatasi
2. Pengelasan busur dapat dilakukan oleh sebuah robot.

#### **1.6 SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN**

Penulisan laporan terdiri dari tiga bagian pokok, yaitu bagian pendahuluan, bagian isi laporan dan bagian akhir.

Bagian pendahuluan berisi halaman judul, lembar pengesahan dosen pembimbing, lembar pengesahan dosen penguji, halaman persembahan, halaman motto, kata pengantar, abstraksi, takarir, daftar isi, daftar gambar.

Bagian isi laporan berisi beberapa bab yaitu: Bab I. Pendahuluan berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan laporan. Bab II. Dasar Teori berisi tentang pengertian robot dan bagian-bagiannya, pengertian las secara khusus las busur, IGRIP, serta *jig* pengelasan. Bab III. Perancangan berisi tentang tahapan perancangan yang dilakukan. Bab IV. Pembahasan berisi tentang pembahasan simulasi menggunakan IGRIP serta analisa hasil simulasi. Bab V. Penutup berisi tentang kesimpulan dari hasil simulasi dan saran untuk pengembangan penelitian simulasi selanjutnya.

Bagian akhir laporan memuat tentang daftar pustaka yang digunakan pada saat penelitian, pembuatan dan penulisan tugas akhir serta lampiran yang memuat keterangan gambar, tabel yang ada di laporan.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Robot

Robot berasal dari kata “*robota*” yang dalam bahasa Ceko berarti budak, pekerja atau kuli. Pertama kali kata *robota* diperkenalkan oleh karel Capek dalam pentas sandiwara pada tahun 1921. Kemudian istilah robot digunakan untuk menyebut suatu peralatan yang dapat diprogram untuk menjalankan suatu tugas tertentu secara otomatis.

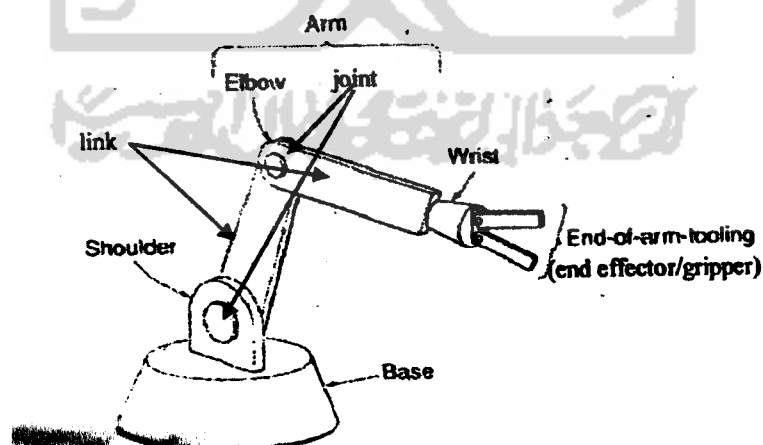
##### 2.1.1 Definisi Robot Industri dan Komponen Utamanya

Robot industri adalah komponen utama dalam teknologi otomasi yang dapat berfungsi sebagai layaknya buruh/pekerja manusia dalam pabrik namun memiliki kemampuan bekerja yang terus menerus tanpa lelah [PIT,2006].

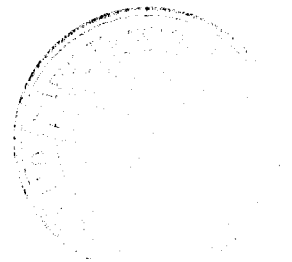
Komponen-komponen utama robot industri adalah sebagai berikut:

##### 1. Manipulator

Manipulator merupakan gabungan dari beberapa *link* yang dihubungkan oleh *joint* yang dapat menghasilkan gerakan seperti tangan manusia [KER,1999]. Gambar 2.1 adalah gambar struktur manipulator.



Gambar 2.1 Struktur Manipulator [Diktat Mata Kuliah Robotika]

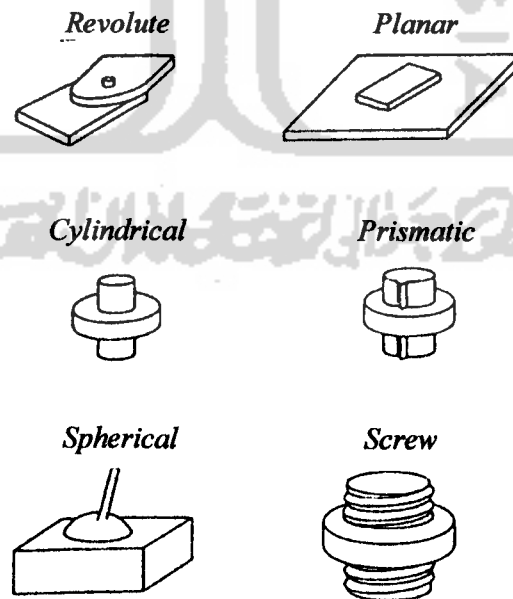


## 2. Link

Bagian ini berfungsi sebagai lengan pada robot yang menghubungkan *base* dengan *end effector*. *Link* yang terdapat pada sebuah manipulator biasanya berupa *loader*. Komponen ini berfungsi sebagai tumpuan dari *joint* atau bagian berikutnya sehingga diharapkan aktuator tidak menerima beban selain beban kerjanya. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada *seal rod* silinder serta dinamo motor akibat beban berat yang diterima oleh *link* dan poros motor.

## 3. Joint

Komponen ini biasanya berupa sendi yang memungkinkan *link-link* yang saling berhubungan langsung dapat bergerak relatif satu dengan yang lainnya. Gerakan ini dapat berupa gerakan translasi maupun gerakan rotasi. *Joint* yang memungkinkan *link* bergerak secara translasi terhadap *link* sebelumnya disebut *sliding joint* atau *prismatic joint*, sedangkan *joint* yang memungkinkan *link* bergerak secara rotasi terhadap *link* sebelumnya disebut *revolute joint*. Kombinasi dari *joint-joint* pada *link* yang saling berhubungan langsung inilah yang menemukan gerakan relatif *end effector* terhadap *base* pada *workspace*. Jenis-jenis *joint* ada beberapa jenis yaitu diberikan dalam gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jenis-jenis *joint* [KSF, 1987]

#### 4. Base

Bagian ini merupakan bagian yang tidak bergerak dari sebuah robot karena berhubungan langsung dengan landasan dan tidak ada gerakan relatif antara *base* dan landasan. Bagian ini berfungsi sebagai pondasi dari seluruh bagian yang ada pada manipulator robot tersebut sehingga bagian ini harus cukup kuat menahan beban berat dari seluruh *link*, *joint* maupun *end effector*.

#### 5. End Effector

Pada ujung *link* terakhir terdapat sebuah *end effector* yang dapat berupa *tools*, *gripper*, *sprayer* dan lain sebagainya tergantung pada fungsi robot tersebut. Gambar 2.3 adalah gambar contoh-contoh *end effector*.



Gambar 2.3 Contoh-contoh *End effector* [Library IGRIP]

Robot banyak digunakan dalam berbagai aspek kehidupan terutama dalam bidang industri karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

1. Kuat, mempunyai tenaga yang besar sehingga dapat memindahkan atau mengangkat beban berat
2. Tidak lelah, dapat bekerja 24 jam tanpa istirahat
3. Mampu melakukan pengulangan pekerjaan dengan presisi yang tinggi sehingga diperoleh hasil yang seragam
4. Tahan terhadap lingkungan yang tidak bersahabat, misal di tempat yang panas, dingin dan di daerah yang penuh radiasi nuklir.

Sejak awalnya, penggunaan robot dalam dunia industri membawa dampak yang luar biasa. Dampak positif yang terutama dirasakan oleh dunia industri antara lain:

1. Penghematan tenaga kerja
2. Peningkatan efisiensi

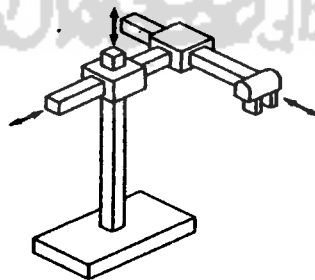
3. Peningkatan produktivitas
4. Peningkatan kualitas produk
5. Penghematan biaya.

#### 2.1.2 Jenis-jenis Robot

Jenis-jenis robot ada berbagai macam sehingga robot dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Klasifikasi berdasarkan tipe sistem
  - a. *Point to point* : *End effector* hanya dapat melakukan fungsinya pada satu titik selama lengan robot tidak bergerak.
  - b. *Continuous path* : *End effector* dapat melakukan fungsinya pada titik-titik sepanjang jalur gerakannya selama robot bergerak.
2. Klasifikasi berdasarkan *control loops*
  - a. *Open loop* : *Controller* robot tidak menerima data umpan balik dari manipulator
  - b. *Closed loop* : *Controller* menerima data umpan balik dari manipulator
3. Klasifikasi berdasarkan sumber tenaganya
  - a. Robot pneumatik : menggunakan tenaga pneumatik pada aktuatornya
  - b. Robot hidrolik : menggunakan tenaga hidrolik pada aktuatornya
  - c. Robot elektrik : menggunakan tenaga elektrik pada aktuatornya
4. Klasifikasi berdasarkan struktur manipulator
  - a. *Cartesian* : mempunyai 3 sumbu linier

Gambar 2.4 berikut ini merupakan gambar dari manipulator *cartesian*.



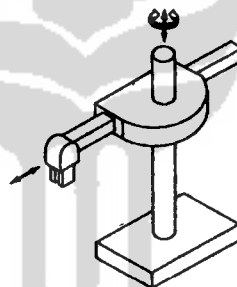
**Gambar 2.4** Manipulator *Cartesian* [GRO, 1986]

**Tabel 2.1** Kelebihan dan Kekurangan Manipulator *Cartesian*

No.	kelebihan	No.	Kekurangan
1.	Mempunyai model kinematika yang mudah	1.	Memerlukan ruangan yang luas untuk beroperasi
2.	Strukturnya kokoh	2.	Ruang kerjanya lebih kecil daripada volume robot
3.	Mudah divisualisasikan	3.	Tidak dapat mencapai obyek di bawah dan di atas struktur
4.	Dapat bergerak lurus dalam 3 dimensi	4.	Rentan terhadap pengotoran debu dan cairan

b. *Cylindrical* : mempunyai 2 sumbu linier dan 1 sumbu rotasi

Gambar 2.5 berikut ini merupakan gambar dari manipulator *cylindrical*.

**Gambar 2.5** Manipulator *Cylindrical* [GRO, 1986]**Tabel 2.2** Kelebihan dan Kekurangan Manipulator *Cylindrical*

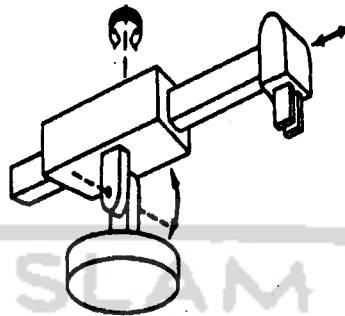
No.	kelebihan	No.	Kekurangan
1.	Model kinematika yang relatif mudah	1.	Daerah kerja yang terbatas
2.	Mudah divisualisasikan	2.	Sangat rentan terhadap pengotoran oleh debu dan cairan
3.	Mempunyai kemampuan gerak yang baik di dalam ruang	3.	Tidak bisa mencapai daerah di bawah maupun di atas struktur.
4.	Mempunyai tenaga yang besar penggerak hidrolis.		





c. *Spherical* : mempunyai 1 sumbu linier dan 2 sumbu rotasi

Gambar 2.6 berikut ini merupakan gambar dari manipulator *spherical*.



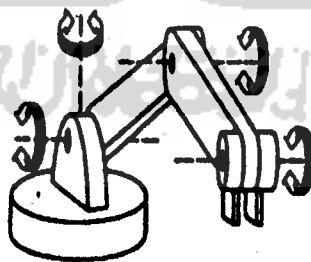
Gambar 2.6 Manipulator *Spherical* [GRO, 1986]

Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Manipulator *Spherical*

No.	kelebihan	No.	Kekurangan
1.	Melingkupi volume yang cukup besar	1.	Mempunyai model kinematika yang kompleks
2.	Dapat mencapai obyek di bawah struktur.	2.	Sulit divisualisasikan.

d. *Articulated* : mempunyai 3 sumbu rotasi

Gambar 2.7 berikut ini merupakan gambar dari manipulator *articulated*.



Gambar 2.7 Manipulator *Articulated* [GRO, 1986]

**Tabel 2.4** Kelebihan dan kekurangan *Manipulator Articulated*

No.	kelebihan	No.	Kekurangan
1.	Fleksibel untuk berbagai penggunaan	1.	Persamaan kinematikanya kompleks
2.	Daerah kerjanya luas	2.	Sulit untuk pengendalian gerak lurus
3.	Cocok untuk penerapan motor listrik pada bagian <i>joint</i> -nya	3.	Strukturnya kurang kokoh
4.	Dapat mencapai obyek yang berada di bawah maupun di atas bidang landasannya.	4.	Sulit untuk divisualisasikan.

### 2.1.3 Konfigurasi Robot

Konfigurasi robot adalah pola susunan *link* dan *joint* yang menghasilkan suatu karakteristik gerakan tertentu.

Gerakan pada manipulator robot secara garis besar dibagi menjadi dua yaitu :

#### 1. Gerakan pada *joint*

Gerakan ini terjadi pada *joint* antara dua *link*. Gerakan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis gerakan pada *joint*.

#### 2. Gerakan pada *wrist*

Gerakan ini ada tiga macam yaitu mengangguk (*pitch*), menggeleng (*yaw*), memutar (*roll*).

Ruang kerja (*work space*) adalah kumpulan titik-titik dalam ruang dimana *end effector* sebuah robot masih dapat mencapainya. Ruang kerja ini dipengaruhi oleh :

1. Konfigurasi fisik robot
2. Ukuran *link* dan *wrist*
3. Batasan gerakan *joint*

Banyaknya gerakan yang dapat dilakukan oleh robot dalam arah yang berbeda dinyatakan dalam derajat kebebasan ( *degree of freedom = DOF* ) yang nilainya sangat dipengaruhi oleh banyaknya *joint*.

Kinematika dalam konfigurasi robot dibagi menjadi dua, yaitu:

*Forward kinematics* : menentukan posisi dan orientasi dari sebuah *end effector* dilihat dari variabel *joint* yang terdapat pada *base*.

*Inverse kinematics* : menentukan nilai variabel *joint* untuk mendapatkan posisi dan orientasi *end effector*.

## 2.2 Las

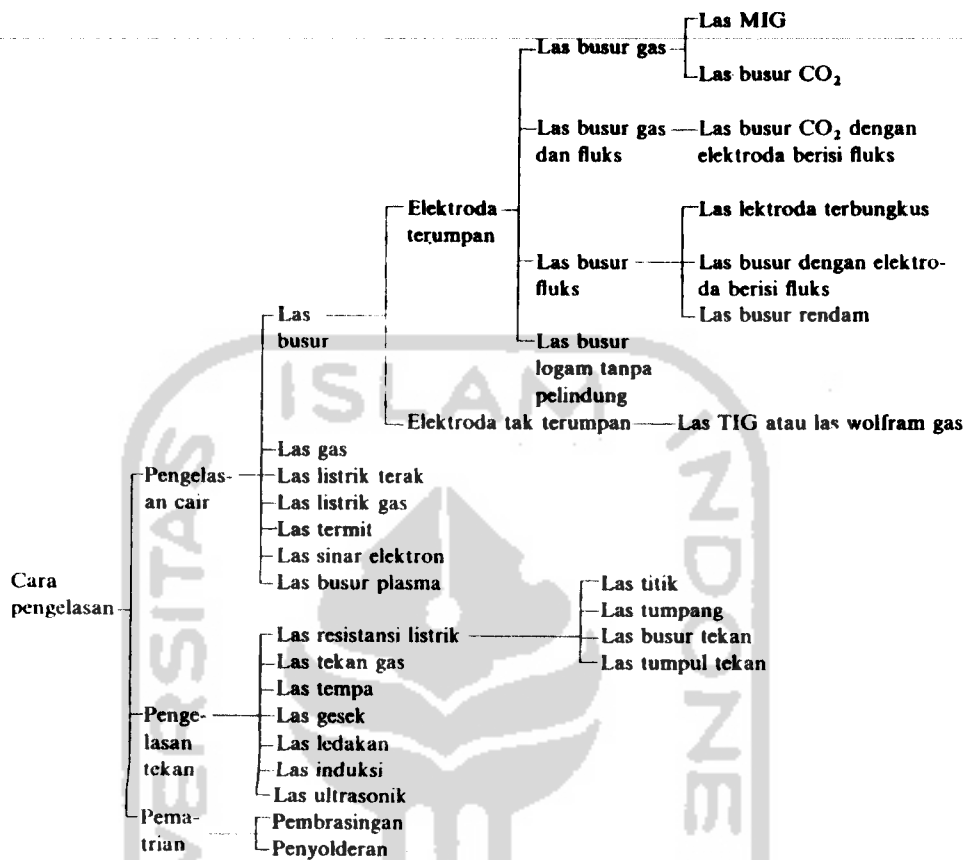
Definisi las dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas [WIR,1996].

### 2.2.1 Klasifikasi Pengelasan

Berdasarkan pada cara kerja klasifikasi pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu:

1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah cara pengelasan di mana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam tidak ikut mencair.

Klasifikasi cara pengelasan diberikan dalam gambar 2.8.



Gambar 2.8 klasifikasi cara pengelasan [WIR, 1996]

## 2.2.2 Las Busur Listrik

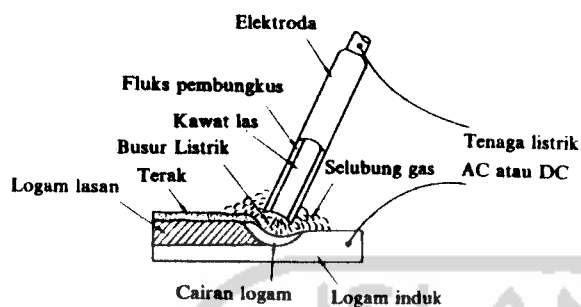
Cara pengelasan yang sering digunakan dalam praktek dan termasuk klasifikasi las busur listrik adalah: las elektroda terbungkus, las busur dengan pelindung gas dan las busur dengan pelindung bukan gas.

Klasifikasi las busur listrik:

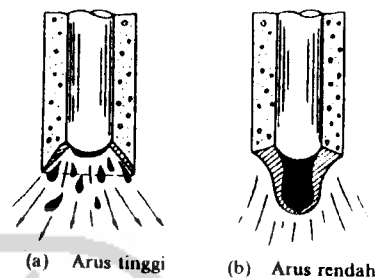
### 2.2.2.1 Las elektroda terbungkus

Las elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada saat ini. Dalam pengelasan digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama.

Gambar 2.9 merupakan gambar las busur elektroda terbungkus sedangkan gambar 2.10 merupakan gambar pemindahan logam cair.



Gambar 2.9 las busur elektroda terbungkus [WIR, 1996]

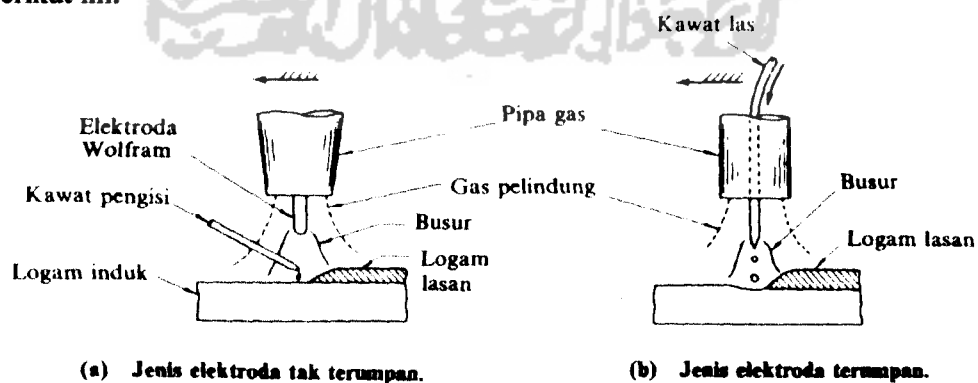


Gambar 2.10 pemindahan logam cair [WIR, 1996]

#### 2.2.2.2 Las busur gas

Las busur gas adalah cara pengelasan di mana gas dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap atmosfer. Gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas helium (He), gas argon (Ar), gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) atau campuran dari gas-gas tersebut.

Las busur gas biasanya dibagi dalam dua kelompok besar yaitu kelompok elektroda tak terumpan dan elektroda terumpan. Kelompok elektroda tak terumpan menggunakan batang wolfram sebagai elektroda yang menghasilkan busur listrik tanpa turut mencair, sedangkan kelompok elektroda terumpan sebagai elektrodanya digunakan kawat las. Las busur gas diberikan dalam gambar 2.11 berikut ini.



Gambar 2.11 Las busur gas [WIR, 1996]

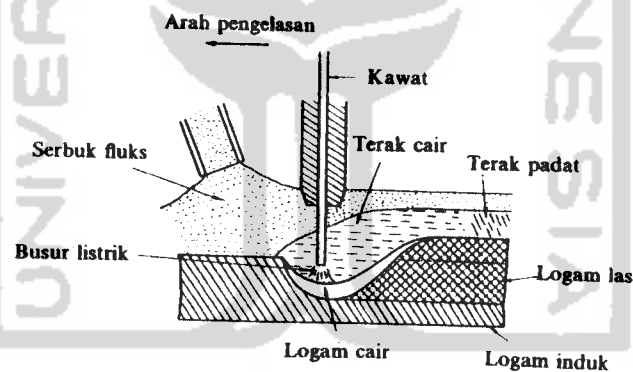
### 2.2.2.3 Las busur tanpa gas

Beberapa hal yang penting dalam las busur tanpa gas:

1. Tidak menggunakan gas pelindung sehingga pengelasan dapat dilakukan di lapangan yang berangin
2. Efisiensi pengelasan lebih tinggi dari pada pengelasan dengan busur terlindung
3. Dapat menggunakan sumber listrik AC
4. Kualitas pengelasan lebih rendah dari pada pengelasan yang lain.

### 2.2.2.4 Las busur rendam

Las busur rendam adalah suatu cara pengelasan di mana logam cair ditutup dengan fluks yang diatur melalui suatu penampung fluks dan logam pengisi yang berupa kawat pejal diumpungkan secara terus menerus. Gambar 2.12 adalah gambar skema dari pengelasan busur rendam.



Gambar 2.12 Skema pengelasan busur rendam [WIR, 1996]

## 2.3 IGRIP

*Interactive Graphics Robot Instruction Program* (IGRIP) merupakan suatu simulasi *workcell* robot berbasis komputer untuk merancang tampilan *workcell* sebuah robot dengan simulasi pemrograman *offline*. IGRIP dibagi menjadi tiga sistem utama, yaitu : sistem menu IGRIP, *Graphic Simulation Language* (GSL) dan *Command Line Interpreter* (CLI).

*Graphical User Interface (GUI)* IGRIP memberikan media pendekatan dalam simulasi robot.. Pilihan menu dalam GUI sering digunakan untuk mengembangkan model simulasi. Masing-masing menu yang dipilih menampilkan beberapa pilihan yang ditunjukkan sebagai halaman *contexts*. Suatu halaman *contexts* memberikan akses kepada serangkaian operasi IGRIP yang saling berkaitan.

*Graphic Simulation Language (GSL)* adalah sebuah prosedur bahasa yang digunakan untuk mengendalikan keseluruhan gerak *device* di *workcell*. Sedangkan *Command Line Interpreter (CLI)* merupakan suatu komunikasi, perintah dan kontrol untuk mengakses serta mengoperasikan IGRIP.

## 2.4 *Jig dan Fixture*

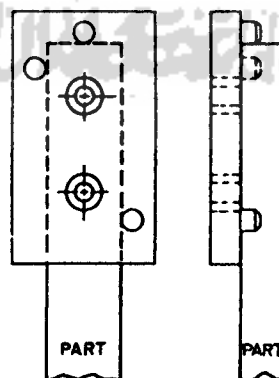
*Jig dan fixture* [JAFD,1996] merupakan alat bantu dalam proses *manufacturing*, untuk menghasilkan produk atau komponen yang seragam dan presisi.

### 2.4.1 Tipe *Jig dan Fixture*

*Jig* mempunyai banyak tipe, diantaranya :

- *Open Jig* : Hanya satu sisi saja dari komponen yang dikerjakan.
- *Close Jig* : Dua sisi dari komponen yang akan dikerjakan.
- *Templates Jig* : Tidak menggunakan *clamping*

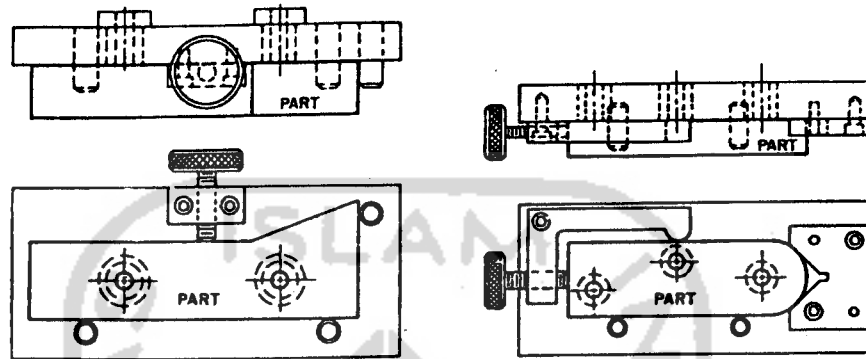
Gambar 2.13 berikut ini merupakan gambar *templates jig*.



**Gambar 2.13** *Templates jig* [HOF, 1996]

- **Plate Jig** : Hampir sama dengan *templates jig* hanya saja *plate jig* menggunakan *clamping*

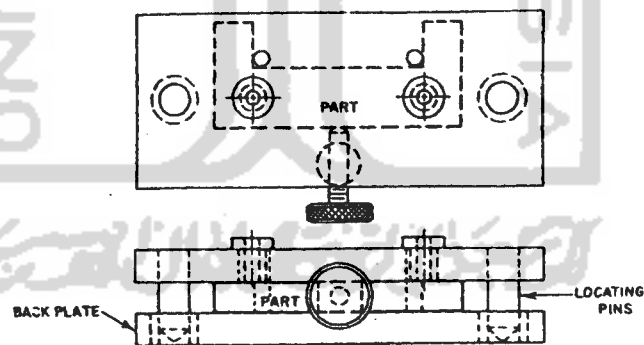
Gambar 2.14 berikut ini merupakan gambar *plate jig*.



Gambar 2.14 *Plate jig* [HOF, 1996]

- **Sandwich Jig** : Jenis *plate jig*, tapi menggunakan *back plate*. *Jig* ini biasa untuk mengerjakan komponen yang tipis agar tidak mengalami *bending*.

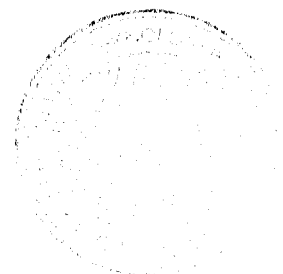
Gambar 2.15 berikut ini merupakan gambar *sandwich jig*.



Gambar 2.15 *Sandwich jig* [HOF, 1996]

Selain *jig* yang mempunyai berbagai macam tipe, *fixture* juga memiliki macam-macam tipe, antara lain :

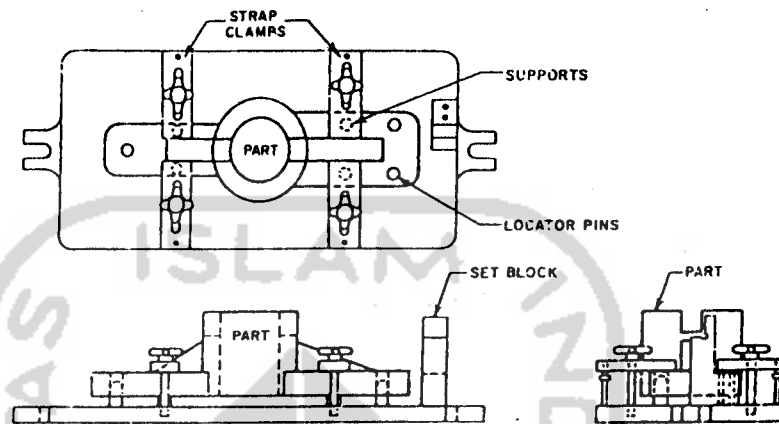
- **Plate fixture** : Merupakan bentuk yang sederhana dari *fixture* yang didesain dari *plate* dengan variasi *clamping* dan





*locator* untuk memegang dan menempatkan komponen.

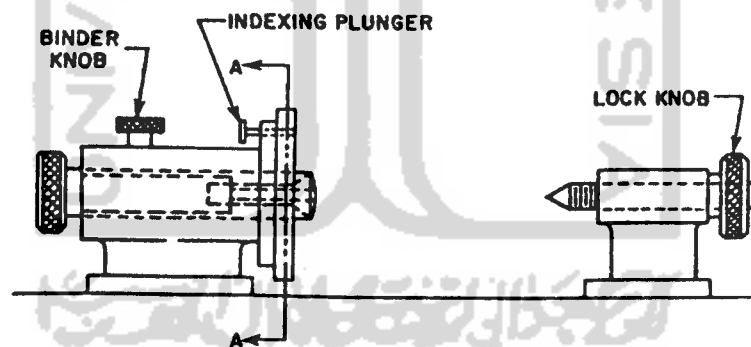
Gambar 2.16 berikut ini merupakan gambar *plate fixture*.



Gambar 2.16 *Plate fixture* [HOF, 1996]

- *Indexing fixture* : *Fixture* untuk proses permesinan dengan *space* yang tetap.

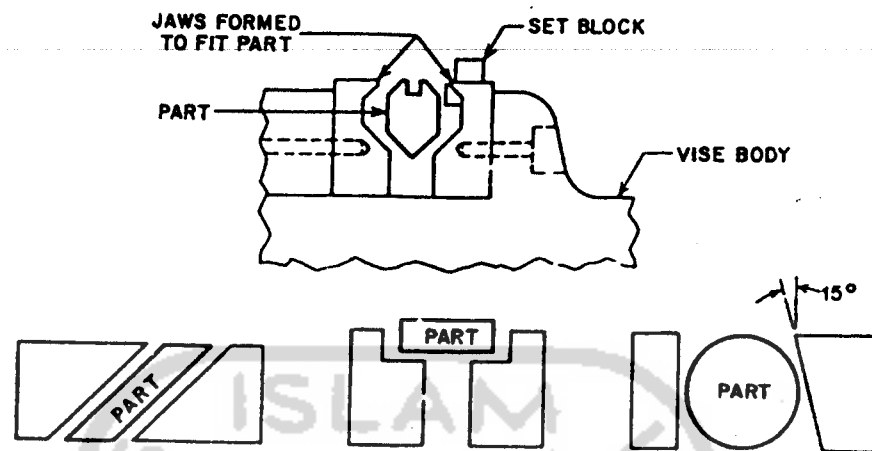
Gambar 2.17 berikut ini merupakan gambar *indexing fixture*.



Gambar 2.17 *Indexing fixture* [HOF, 1996]

- *Vise jaw fixture* : Digunakan untuk proses permesinan komponen yang kecil

Gambar 2.18 berikut ini merupakan gambar *vise jaw fixture*.



Gambar 2.18 *Vise jaw fixture* [HOF, 1996]

#### 2.4.2 Fungsi Jig

Fungsi utama *jig* adalah membantu untuk mempercepat proses pengerjaan (terutama untuk produksi massal), mempermudah cara “*positioning*” yang berulang-ulang agar diperoleh ketelitian yang tinggi. Desain *jig* yang baik harus mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Ukuran dimensional yang teliti
2. Bisa menyesuaikan dengan benda kerja dan mesin-mesinnya
3. Ekonomis
4. Menarik (mudah) bagi pemakai
5. Sederhana (peralatan dan cara kerjanya)
6. Aman (tidak berbahaya bagi pemakai)
7. Dapat mudah dibawa-bawa atau dipindah-pindah
8. Mudah dikonstruksi

Secara umum fungsi dan tujuan *jig* adalah:

1. Menempatkan benda kerja pada tempatnya
2. Mengapit dan mendukung benda kerja
3. Mengikat bagian-bagian lain untuk bersama-sama dapat dikerjakan secara keseluruhan pada mesin
4. Untuk menyederhanakan pekerjaan, waktu pengerjaan menjadi lebih rendah sehingga ada pengurangan biaya

### 2.4.3 *Clamp* dan *Locator*

*Clamp* merupakan elemen penahan kekuatan dan juga merupakan elemen penjepit, sedangkan *locator* merupakan elemen penahan kekuatan [SDRK,1981].

Kekuatan dari elemen penahan tersebut ditentukan oleh besarnya gaya-gaya yang timbul pada proses *machining* dan besarnya berat benda kerja. Kekuatan dan kekakuan dari benda kerja itu akan menentukan seberapa jauh benda kerja harus dipotong untuk proses *machining*. Jadi cara pemegang benda kerja tergantung pada kekuatan dan kekakuannya.

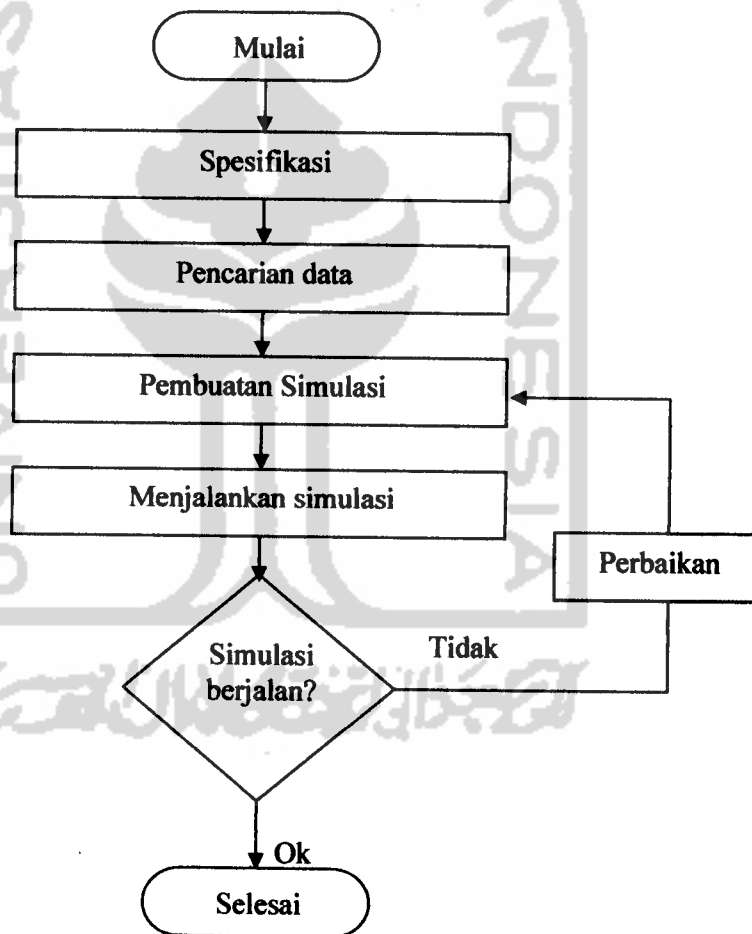
Ada benda kerja yang dapat menahan semua gaya-gaya yang timbul akibat proses *machining*, maka pemegang cukup dilakukan pada daerah tepinya saja. Berbeda dengan benda kerja yang bersifat liat dan lentur, maka untuk melakukan operasi *machining* menggunakan pemegang pada daerah yang akan dikerjakan.

Bentuk dasar *locator* akan sangat menentukan rencana atau desain dari *jig* dan *fixture* terhadap kedudukan mesin. *Locator* digunakan sebagai alat penumpu yaitu tumpuan dari *jig* dan *fixture*. Pemilihan *locator* yang tepat akan menentukan toleransi *jig* dan *fixture* dengan tingkat toleransi yang akan dicapai.

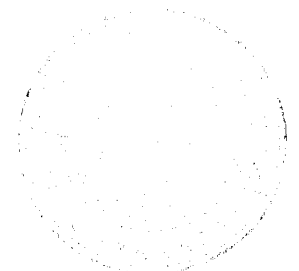
# BAB III

## PERANCANGAN SIMULASI ROBOT UNTUK LAS BUSUR

Perancangan simulasi robot ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu dari spesifikasi sampai analisa hasil dari simulasi yang telah dibuat. Gambar 3.1 berikut ini merupakan gambar diagram alir tahap-tahap perancangan simulasi robot untuk las busur.



Gambar 3.1 Diagram alir Perancangan



### 3.1 Spesifikasi

Spesifikasi yang diperlukan dalam perancangan ini adalah

- **Jenis Manipulator**

Dalam perancangan ini manipulator yang digunakan adalah jenis manipulator *articulated*.

- **Jenis End Effector**

Pada ujung *link* terakhir terdapat sebuah *end effector* yang dapat berupa *tool*, *gripper*, *sprayer* dan lain sebagainya, tergantung pada fungsi robot. Pada perancangan ini menggunakan *end effector* jenis *tweco 45* yang digunakan untuk pengelasan. Gambar 3.2 berikut merupakan gambar *end effector* jenis *tweco 45*.



Gambar 3.2 End Effector model *tweco 45*

- **Benda Kerja**

Benda kerja yang akan diproses yaitu dilakukan proses pengelasan adalah lengan ayun (*swing arm*) Suzuki Shogun 125R. Gambar 3.3 berikut ini merupakan gambar Lengan ayun (*swing arm*) Suzuki Shogun 125R



Gambar 3.3 Lengan ayun (*swing arm*) Suzuki Shogun 125R

Pada proses pengelasan untuk produksi massal dan untuk mendapatkan hasil yang sama serta presisi maka diperlukan *jig* pengelasan.

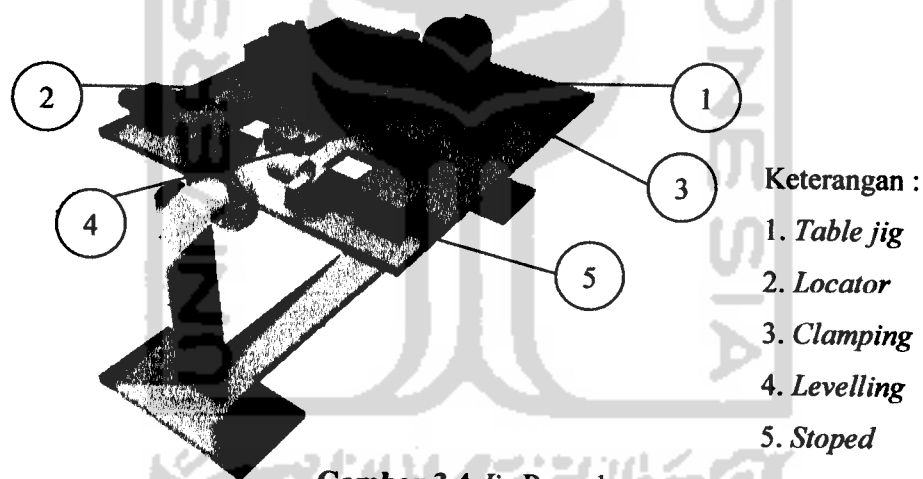
o **Jig**

Dalam proses pengelasan pasti membutuhkan alat bantu untuk memegang benda kerja sehingga dalam perancangan ini didesain sebuah *jig* pengelasan. Desain *jig* yang dibuat meliputi beberapa bagian yaitu

1. *Table jig*
2. *Locator*
3. *Clamping*
4. *Levelling*
5. *Stoped*

*Jig* dibuat sesederhana mungkin tetapi harus bisa menahan benda kerja dari gaya-gaya yang terjadi dan harus mudah pada saat memasang benda kerja dan melepas benda kerja.

Gambar 3.4 berikut merupakan gambar *jig* pengelasan.



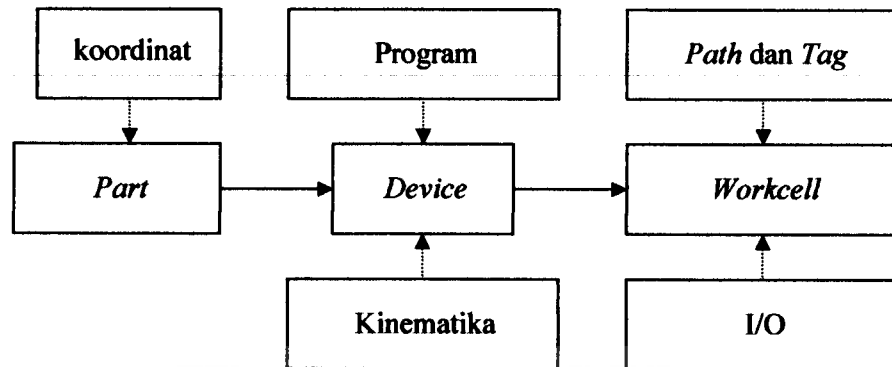
Gambar 3.4 *Jig* Pengelasan

### 3.2 Pencarian Data

Pada tahap ini dilakukan pencarian data dengan cara melihat dari referensi-referensi yang ada baik di buku maupun internet.

### 3.3 Pembuatan Simulasi

Urutan pembuatan simulasi pada IGRIP digambarkan dalam gambar 3.5 berikut ini.



**Gambar 3.5** Urutan Pembuatan Simulasi pada IGRIP

Setelah dibuat spesifikasi robot dan telah diperoleh data-data yang diperlukan maka tahap selanjutnya adalah pembuatan simulasi robot. Dalam pembuatan simulasi ini langkah pertama yang dilakukan adalah membuat model robot (manipulator) menggunakan fasilitas CAD yang ada di dalam IGRIP. Selain membuat model robot di tahap ini juga dibuat benda kerja, *end effector*, *jig* dan *conveyor*.

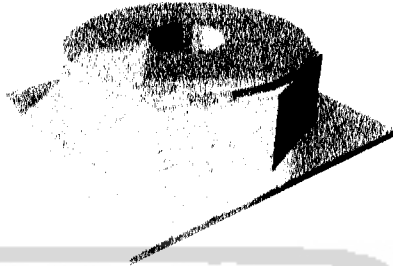
### 3.3.1 Pembuatan *Part*

Bentuk dan desain robot ditentukan oleh konstruksi dan karakteristik, meliputi *body*, *arm* dan *wrist* yang semua itu merupakan komponen yang harus ada pada sebuah manipulator. Manipulator ditumpu dengan sebuah *base*. *Body* robot terangkai dengan *base*, *arm* terangkai dengan *body*, *wrist* terangkai dengan *arm*.

Tahapan-tahapan pembuatan *part* dimulai dengan pembuatan *base*, dilanjutkan pembuatan *link1* hingga *link6*.

1. *Base*

Gambar 3.6 berikut ini merupakan gambar *base*.



Gambar 3.6 *Base*

2. *Link 1*

Gambar 3.7 berikut ini merupakan gambar *link1*.



Gambar 3.7 *Link1*

3. *Link 2*

Gambar 3.8 berikut ini merupakan gambar *link2*.

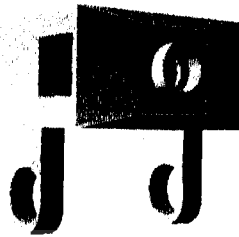


Gambar 3.8 *Link2*



4. *Link 3*

Gambar 3.9 berikut ini merupakan gambar *link3*.



Gambar 3.9 *Link3*

5. *Link 4*

Gambar 3.10 berikut ini merupakan gambar *link4*.



Gambar 3.10 *Link4*

6. *Link 5*

Gambar 3.11 berikut ini merupakan gambar *link5*.



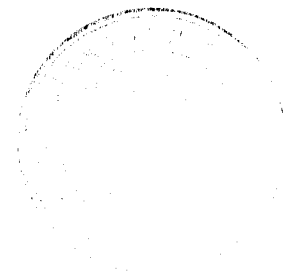
Gambar 3.11 *Link5*

7. *Link 6*

Gambar 3.12 berikut ini merupakan gambar *link6*.



Gambar 3.12 *Link6*



Selain pembuatan *link* pada tahap ini juga dibuat *joint* yang fungsinya sebagai penghubung antara *link* satu dengan *link* yang lainnya. Pada penelitian ini menggunakan *revolute joint* karena akan mempermudah dalam pembuatan *device* dengan model kinematika *articulated*.

Berikut merupakan gambar-gambar *joint* dari *joint* 1 sampai *joint* 6.

1. Gambar 3.13 berikut ini merupakan gambar *joint*1.



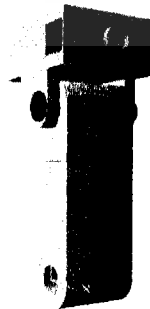
Gambar 3.13 *Joint*1

2. Gambar 3.14 berikut ini merupakan gambar *joint*2.



Gambar 3.14 *Joint*2

3. Gambar 3.15 berikut ini merupakan gambar *joint*3.



Gambar 3.15 *Joint*3

4. Gambar 3.16 berikut ini merupakan gambar *joint4*.



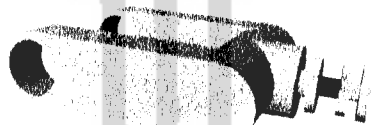
**Gambar 3.16** *Joint4*

5. Gambar 3.17 berikut ini merupakan gambar *joint5*.



**Gambar 3.17** *Joint5*

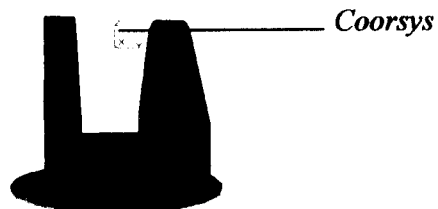
6. Gambar 3.18 berikut ini merupakan gambar *joint6*.



**Gambar 3.18** *Joint6*

### 3.3.2 Penentuan *Coorsys*

Tahap ini digunakan untuk menentukan dimana letak dari *part* akan digabungkan. Contoh penentuan *coorsys* dapat dilihat pada gambar 3.19.



**Gambar 3.19** Contoh *Coorsys*

### 3.3.3 Pembuatan *Device*

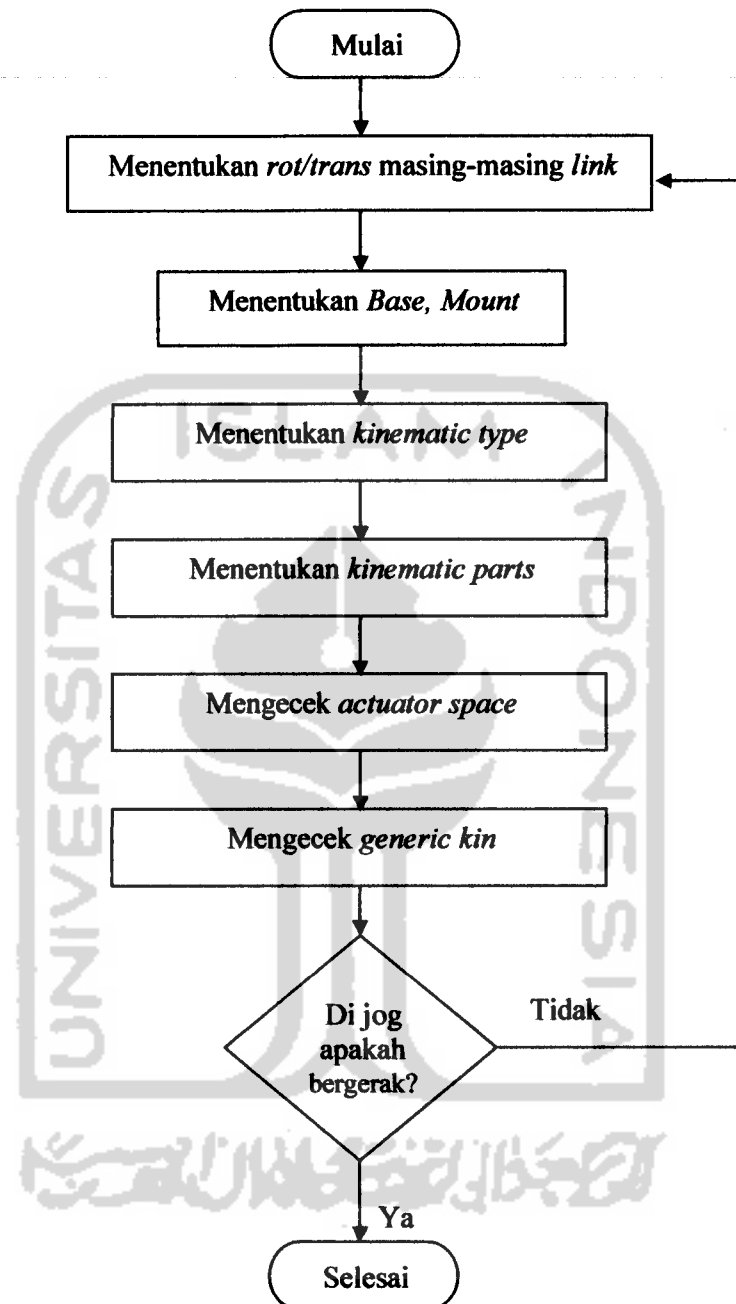
Setelah pembuatan *base* dan *link* selesai, penggabungan *part-part* tersebut dalam *context device*. Dimulai dari *base*, disambung dengan *link* 1 dan seterusnya hingga *link* 6. Susunan *part-part* menjadi sebuah *device* tersebut dinamakan manipulator. Hasil dari penggabungan *base* dengan *link* menjadi sebuah *device* dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 Manipulator

### 3.3.4 Pembuatan Kinematika

Model dari manipulator yang telah dibuat tersebut belum bisa digerakkan, supaya manipulator tersebut bisa digerakkan maka perlu ditentukan terlebih dahulu tipe kinematikanya. Kinematik ditentukan dengan membatasi gerakan *link* sehingga *part* hanya memiliki pergerakan maksimal satu DOF. Gambar 3.21 berikut ini merupakan gambar diagram alir untuk menentukan tipe kinematika sebuah manipulator.



**Gambar 3.21** Diagram Alir Menentukan Tipe Kinematika

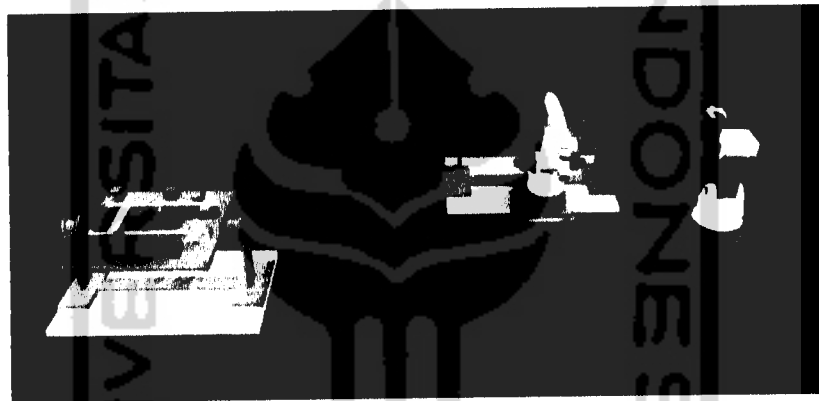
Setelah kinematika tersusun, dalam perancangan ini merupakan kinematik *articulated* yang terdiri dari  $R_y$  (Rotasi sumbu  $y$ ),  $R_z$  (Rotasi sumbu  $z$ ). Secara lengkap dituliskan dalam skema :  $R_z R_y R_y R_z R_y R_z$ .

Pengaturan selesai, langkah berikutnya menentukan *travel* (jarak pergerakan maksimum dan minimum), *speed* (kecepatan pergerakan *link*).

### 3.3.5 Pembuatan *Workcell*

Pada tahap ini dilakukan pengaturan letak *device-device* yang telah dibuat sehingga menjadi sebuah *workcell* yang bertujuan supaya simulasi dapat berjalan sebaik mungkin dan akan diperoleh waktu proses yang cepat. Untuk mencapai tujuan itu maka dalam pembuatan *workcell* dibuat 3 desain di mana masing-masing desain terdapat perbedaan.

Gambar berikut ini merupakan gambar *Workcell* dari 3 desain yang telah dibuat.

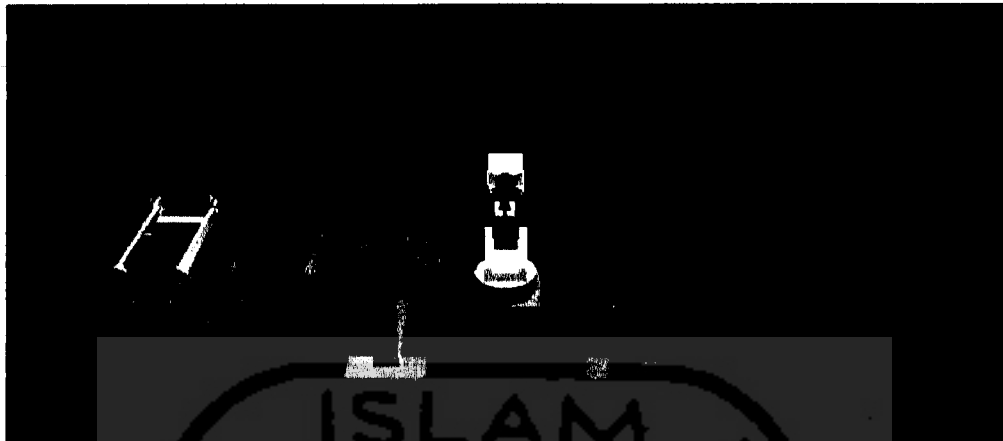


Gambar 3.22 Desain 1



Gambar 3.23 Desain 2

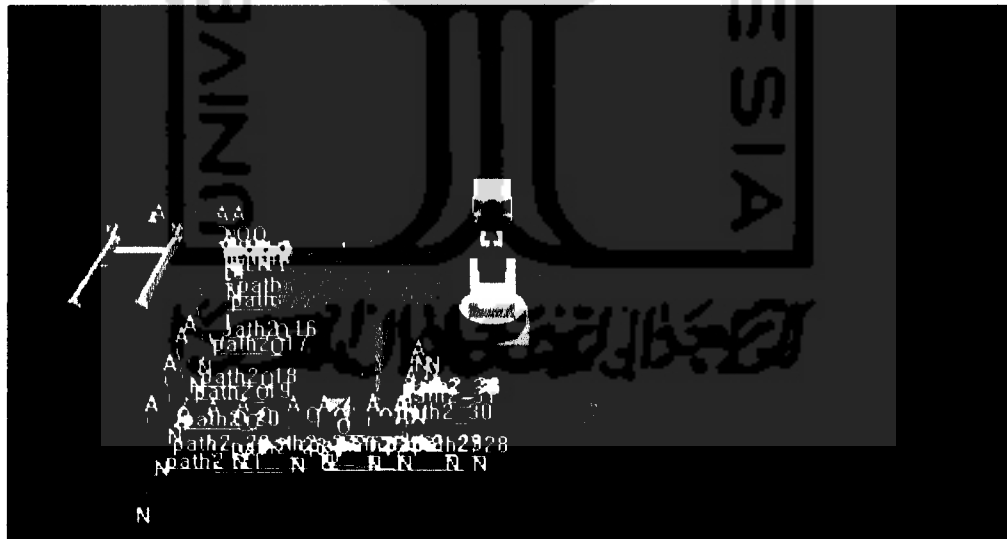




Gambar 3.24 Desain 3

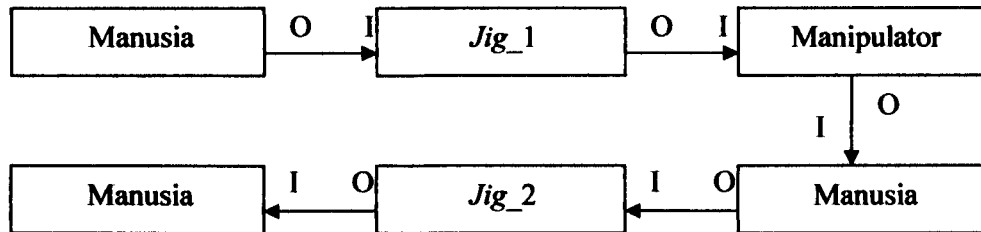
### 3.3.6 Pembuatan *Path* dan *Tag*

*Path* dan *tag* dibuat untuk menentukan gerak dari setiap *device* dalam suatu *workcell*. Sehingga setelah ditentukan *path* dan *tag*nya maka *device* akan bisa digerakkan sesuai keinginan. Gambar 3.25 berikut menunjukkan contoh *path* dan *tag*.

Gambar 3.25 Contoh *path* dan *tag*

### 3.3.7 Pembuatan I/O

Gambar 3.26 berikut menunjukkan gambar diagram I/O antar *device*.

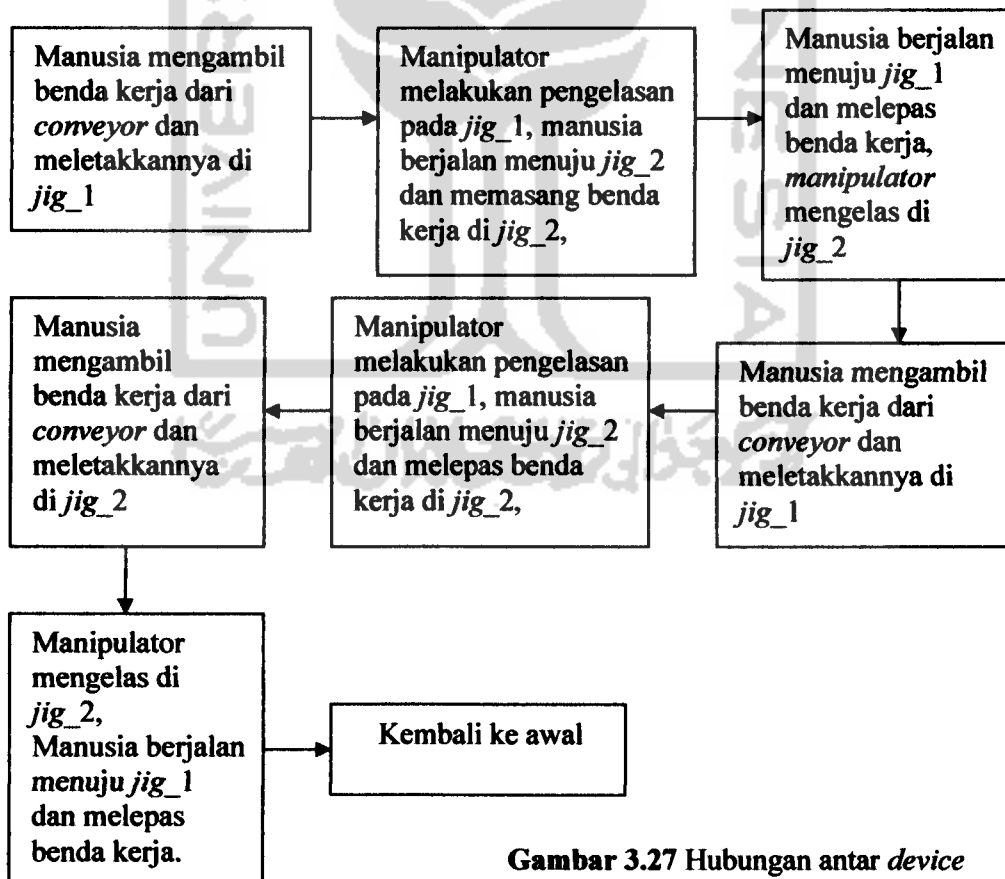


Gambar 3.26 Diagram I/O antar *device*

### 3.3.8 Pembuatan Program

Setelah *path* dan *tag* ditentukan, serta hubungan keterkaitan ON/OFF antar satu *device* dengan *device* yang lain dengan prosedur *input/output* (I/O) dibuat maka langkah selanjutnya adalah pembuatan program.

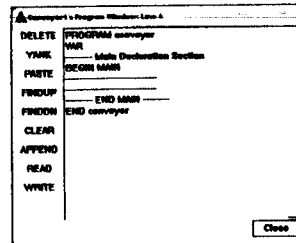
Hubungan antar *device* dalam satu *workcell* dapat dilihat dalam gambar 3.27.



Gambar 3.27 Hubungan antar *device*



Tampilan awal program GSL dapat ditunjukkan pada gambar 3.28.



Gambar 3.28 Tampilan Program GSL

### 3.4 Menjalankan Simulasi

Dalam tahap ini simulasi yang telah dibuat dijalankan.

### 3.5 Analisa hasil

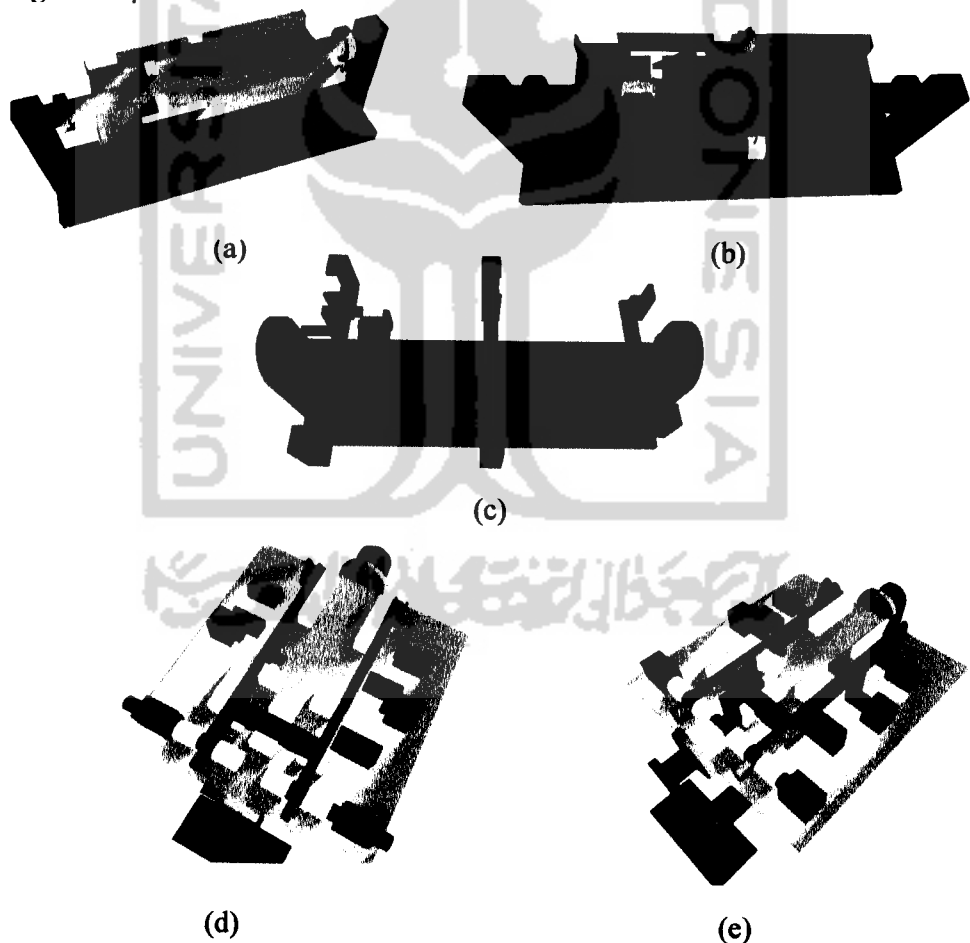
Tahap di mana hasil dianalisa apakah sudah bisa jalan sesuai dengan keinginan atau tidak. Apabila tidak sesuai maka kembali ke tahap pembuatan simulasi dan dilakukan perbaikan-perbaikan supaya diperoleh hasil yang diinginkan.

## BAB IV

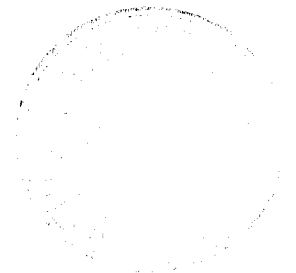
### PEMBAHASAN

#### 4.1 *Jig*

*Jig* yang dirancang pada penelitian ini dilengkapi dengan beberapa *clamping*, *locator*, *leveling* dan *stoped*. Pada saat mendesain *jig* pengelasan ini harus benar-benar diperhatikan bentuk dari *jig* itu sendiri, *clamping* dan *locator*. Perancangan *jig* dilakukan beberapa kali karena bentuk yang dihasilkan jauh dari yang diharapkan. Gambar 4.1 merupakan gambar *jig* yang masih jauh dari yang diharapkan. Gambar 4.2 merupakan gambar *jig* yang sudah sesuai dengan apa yang diharapkan.



**Gambar 4.1** *Jig* pengelasan yang belum sesuai dengan apa yang diharapkan





**Gambar 4.2 Jig Pengelasan yang diharapkan**

Gambar 4.1a menunjukkan bahwa *jig* tidak dilengkapi dengan *clamp* dan *leveling*. Selain itu *jig* juga memungkinkan benda kerja terjepit karena bentuk dari *locatornya*.

Gambar 4.1b menunjukkan *jig* sudah dilengkapi dengan *clamp* tetapi *jig* masih memungkinkan benda kerja terjepit sehingga benda kerja tidak bisa diambil setelah proses pengelasan.

Gambar 4.1c menunjukkan bahwa *jig* sudah dilengkapi dengan *clamp* tetapi bentuk dari *jig* hanya rangka saja sehingga desain *jig* kurang baik karena *jig* harus berbentuk *table*.

Gambar 4.1d menunjukkan desain *jig* sudah lebih baik tetapi masih kurang satu *clamp* lagi untuk mengikat benda kerja di bagian tengah.

Gambar 4.1e menunjukkan *clamp* yang mengikat benda kerja di bagian tengah akan mengganggu pergerakan dari robot yang akan melakukan pengelasan.

Gambar 4.2 menunjukkan desain *jig* yang sudah lebih baik lagi karena dilengkapi dengan *clamp*, *leveling* dan *stoped*. Selain itu desain *jig* juga memungkinkan benda kerja tidak terjepit sehingga akan memudahkan dalam pengambilan benda kerja setelah dilakukan proses pengelasan.

*Clamp* berfungsi untuk mengikat benda kerja supaya tidak bergerak ketika *jig* diputar atau benda kerja terkena gaya pada saat pengelasan.

*Leveling* berfungsi untuk menjaga tinggi dari benda kerja sehingga untuk produksi masal ukuran benda kerja akan sama.

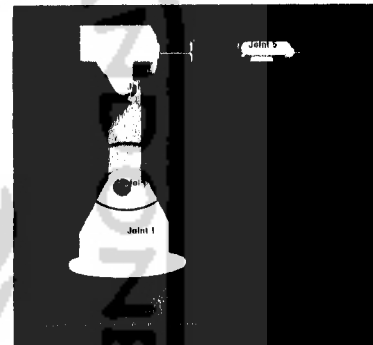
*Stoped* berfungsi untuk menahan benda kerja supaya tidak bergerak sehingga benda kerja terletak tepat sesuai yang diinginkan.

#### 4.2 Pembuatan Kinematika

Pada saat menentukan tipe kinematika harus dilihat secara cermat sumbu koordinat *part-partnya*. Seperti terlihat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.3 Hasil tidak sesuai yang diharapkan

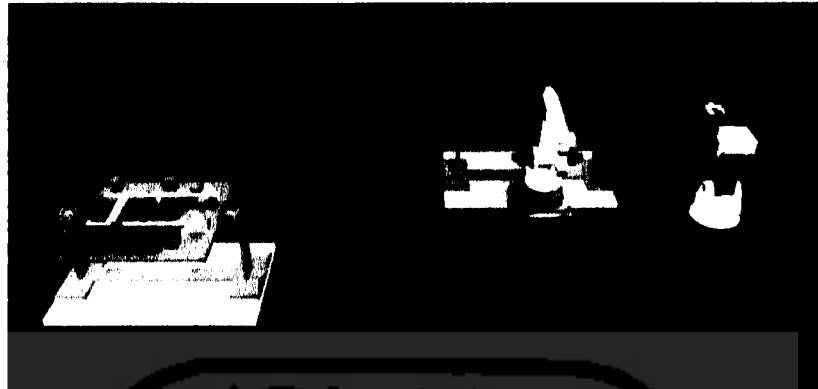


Gambar 4.4 Hasil sesuai yang diharapkan

Tipe kinematika yang diinginkan adalah *articulated*. Skema kinematika untuk *articulated* adalah  $Rz Ry Ry Rz Ry Rz$ . Pada saat menentukan tipe kinematika harus benar-benar memperhatikan sumbu koordinat yang ada pada setiap *part* dalam sebuah *device* karena bila salah dalam menentukan sumbu maka hasilnya pasti juga akan salah.

#### 4.3 Workcell

Untuk memperoleh hasil yang maksimal *workcell* dibuat 3 desain yang masing-masing *workcell* mempunyai perbedaan. Perbedaan antar desain ini digunakan untuk membandingkan desain mana yang paling baik. Gambar 4.5, 4.6, dan 4.7 merupakan desain *workcell* yang telah dibuat.



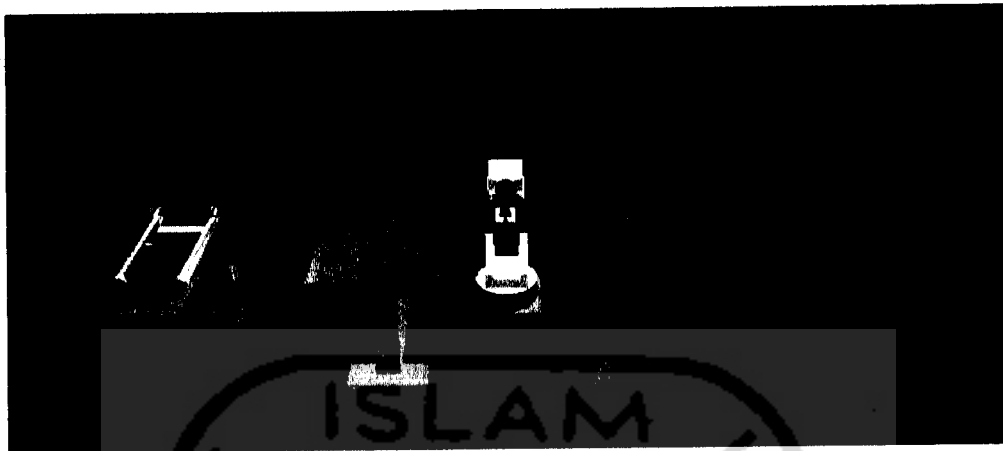
Gambar 4.5 Desain 1

Pada gambar desain 1 diatas desain *workcell* menggunakan dua buah robot dan dua buah jig yang bisa berjalan. Hasil dari desain ini kurang baik karena waktu berhenti dari robot terlalu lama untuk menunggu robot lain yang sedang bekerja. Selain itu kekurangan dari desain ini adalah jig berjalan sehingga memerlukan jig yang banyak untuk produk yang banyak.



Gambar 4.6 Desain 2

Pada gambar desain 2 diatas desain *workcell* menggunakan dua buah robot dan satu buah jig serta *conveyor* yang membawa benda kerja. Pada desain ini jig tidak bergerak. Hasil dari desain ini kurang baik karena robot masih terlalu lama untuk menunggu robot lain bekerja dan waktu proses untuk satu produk terlalu lama.



Gambar 4.7 Desain 3

Pada gambar desain 3 diatas desain *workcell* menggunakan satu robot, dua buah jig dan manusia sebagai pemasang dan pelepas benda kerja. Hasil dari desain ini lebih baik dari ketiga desain diatas. Robot tidak perlu menunggu untuk pekerjaan yang lain seperti pemasangan dan pelepasan benda kerja di jig.

Tabel 4.1 berikut merupakan tabel waktu proses dari ketiga desain *workcell*.

**Tabel 4.1 Waktu proses yang diperlukan pada ketiga desain *workcell*.**

Desain <i>workcell</i>	Waktu proses yang diperlukan
Desain 1	47,74 detik
Desain 2	30,51 detik
Desain 3	24,73 detik

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa desain 3 mempunyai waktu proses yang paling cepat sehingga desain ini yang paling baik dari ketiga desain yang telah dibuat.

#### 4.4 Pembuatan *Path* dan *Tag*

Penentuan gerak suatu *device* tidak pernah lepas dari *path* dan *tag*. *Path* dan *tag* inilah yang memberikan posisi dimana suatu *device* akan bergerak.

Membuat *path* dan *tag* dalam suatu *workcell* , antara lain dengan cara:

1. Membuat sebuah *path*, yang nantinya terdiri dari beberapa *tag* dengan cara memilih suatu *device*, kemudian diberi sebuah nama yang unik pada *path* tersebut.
2. Membuat *tag* pada *path* yang sudah ada. Dalam hal ini ada tiga cara, yaitu metode tunggal dengan membuat *tag* satu per satu. Metode otomatis hampir sama dengan metode tunggal hanya saja metode otomatis memberikan *tag* secara otomatis tersusun pada *path*. Metode ganda memungkinkan dalam perancangan menciptakan sejumlah *tag* yang sama letak koordinatnya untuk sebuah *path*.
3. Mengatur letak masing-masing *tag* sesuai dengan pergerakan *device* yang diinginkan.

#### 4.5 Pembuatan *Input/Output (I/O)*

I/O dibuat untuk mengetahui hubungan antara *device* satu dengan *device* yang lain dalam satu *workcell*. Dengan adanya I/O maka *device* akan bergerak sesuai yang diinginkan.

Menu I/O pada *context layout* berisi fungsi yang memungkinkan untuk membangun hubungan I/O diantara *device*. Hubungan I/O tersebut digunakan untuk mengarahkan sinyal selama berlangsungnya simulasi pada *workcell*. Hubungan I/O tersebut dapat berupa analog dan digital. Jumlah dan jenis sinyal I/O yang terkait dengan *device* ditentukan sebagai atribut suatu *device*. Atribut ini disusun ketika suatu *device* diciptakan dan dapat diubah selama perkembangan *device*. Untuk menyusun hubungan I/O diantara dua *device* pada *workcell*, bisa menggunakan fungsi *Single Connection*. *Single connection* yang dipilih akan meminta untuk memilih *device* terlebih dahulu untuk dipakai dalam hubungan I/O tunggal. Sekali dipilih, daftar nama-nama I/O untuk *device* akan muncul. Setelah muncul daftar nama, harus memilih satu dari nama-nama yang diberi tanda bebas. Sekali I/O yang bebas dari *connection* dipilih untuk suatu *device* pertama, setelah itu harus mengulangi langkah yang sama untuk menentukan sinyal I/O yang ditujukan untuk *device* kedua.

*Device* satu dengan *device* yang lain dalam perancangan ini memiliki hubungan I/O, dimana *device* akan bergerak menunggu sinyal dari *device* yang lain.

#### 4.6 Pembuatan Program

Pada IGRIP terdapat empat bahasa pemrograman, antara lain GSL, ARLA, RML, RAPID. Pada perancangan ini bahasa yang digunakan adalah GSL karena lebih sederhana dibandingkan dengan yang lain.

Dalam membuat program sangat dipelukan ketelitian dalam melakukan penulisan program serta harus cermat dalam memasukkan I/O antar *device*. Kesalahan I/O akan mengakibatkan simulasi tidak akan berjalan. Pembuatan program harus dilakukan sedikit demi sedikit sehingga apabila terjadi kesalahan akan cepat diketahui. Setiap melakukan perbaikan program maka harus dilakukan pembaharuan dalam menggunakan program dengan jalan *me-reload* kembali program yang akan digunakan dan harus diakhiri dengan perintah *define*.

#### 4.7 Menjalankan Simulasi

Dari simulasi yang telah dibuat maka didapat skema simulasi pengelasan seperti digambarkan pada gambar 4.8 di bawah ini.



**Gambar 4.8** Skema Simulasi Pengelasan

Pada pengelasan busur diperlukan banyak sekali titik koordinat untuk membuat alur dari pengelasan. Koordinat dibuat secara teratur karena las busur harus benar-benar menghasilkan alur las yang lurus.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Perancangan ini menghasilkan simulasi robot untuk las busur dengan menggunakan simulasi IGRIP pada perangkat lunak Vmap.

Perancangan ini dimulai dari pembuatan *part*, pembuatan *device*, pembuatan kinematika, pembuatan *workcell*, pembuatan *path* dan *tag*, penentuan I/O, dan pembuatan program.

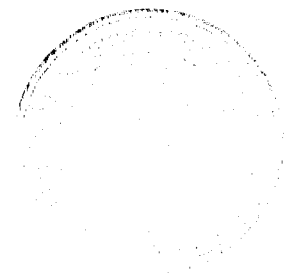
Ditinjau dari pengaturan letak *device* dalam sebuah *workcell* maka dapat diketahui bahwa pengaturan letak *device* akan mempengaruhi waktu proses kerja sehingga dalam pengaturan letak ini dibuat beberapa *workcell* dan dipilih *workcell* yang menghasilkan waktu kerja yang paling cepat pada saat simulasi dijalankan.

Semakin cepat waktu kerja yang dihasilkan maka proses kerja akan semakin efektif dan dapat meningkatkan produktifitas kerja.

#### **5.2 Saran**

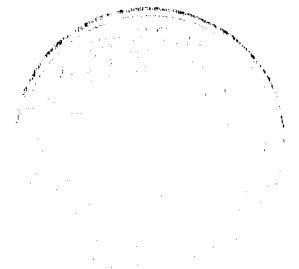
Untuk mengembangkan perancangan dibidang robotika ini maka disarankan:

1. Dilakukan training tentang perancangan robot terutama menggunakan IGRIP.
2. Dilakukan pengenalan IGRIP dalam mata kuliah robotika sehingga mahasiswa tertarik untuk mendalaminya.



## DAFTAR PUSTAKA

- [CRA, 1989] Craig J. John, *Introduction to Robotics*, Addison-Wesley Publishing Company, 1989
- [WIR, 1996] Harsono Wiryosumarto & Toshie Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam edisi ketujuh*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1996
- [PET, 1996] Petruzella D. Frank, *Elektronik Industri*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 1996
- [SPO, 1985] M.F. Spotts, *Design of Machine Elements sixth edition*, Prentice Hall, Inc., 1985
- [GRO, 1986] Groover P. Mikell & Weiss & Nagel N. Roger & Odrey G. Nicolas, *Industrial Robotics Technology, Programming and Application*, McGraw-Hill Kook, Co. Singapore, 1986
- [MAI, 1988] Mair M. Gordon, *Industrial Robotics*, Prentice Hall International UK Ltd, 1988
- [KSF, 1987] K.S. Fu, *Robotics: control, sensing, vision, and intelligence*, McGraw-Hill International Edition, 1987
- [KAD, 1981] Sudarso Kaderiwiryono, *Perkakas Bantu*, Departemen Teknologi Industri Institut Teknologi Bandung, 1981
- [PIT, 2006] Endra Pitowarno, *Robotika: Desain, Kontrol Dan Kecerdasan Buatan*, Penerbit ANDI, 2006
- [HOF, 1996] Edward G. Hoffman, *Jig and Fixture Design*, Fourth Edition, 1996.
- [KER, 1999] James G. Keramas, *Robot Technology Fundamental*, 1999.



**Lampiran 1**

**PROGRAM JIG2**

PROGRAM JIG2

VAR

----- Main Declaration Section

BEGIN MAIN

\$SPEED = 5

\$STEPSIZE = 0.008

\$SPEED\_MODE = PERCENT

WAIT UNTIL DIN[2] == ON

DOUT[2] = ON

MOVE JOINT 2 BY 100 NOSIMUL

MOVE JOINT 3 BY 300 NOSIMUL

MOVE JOINT 4 BY 175 NOSIMUL

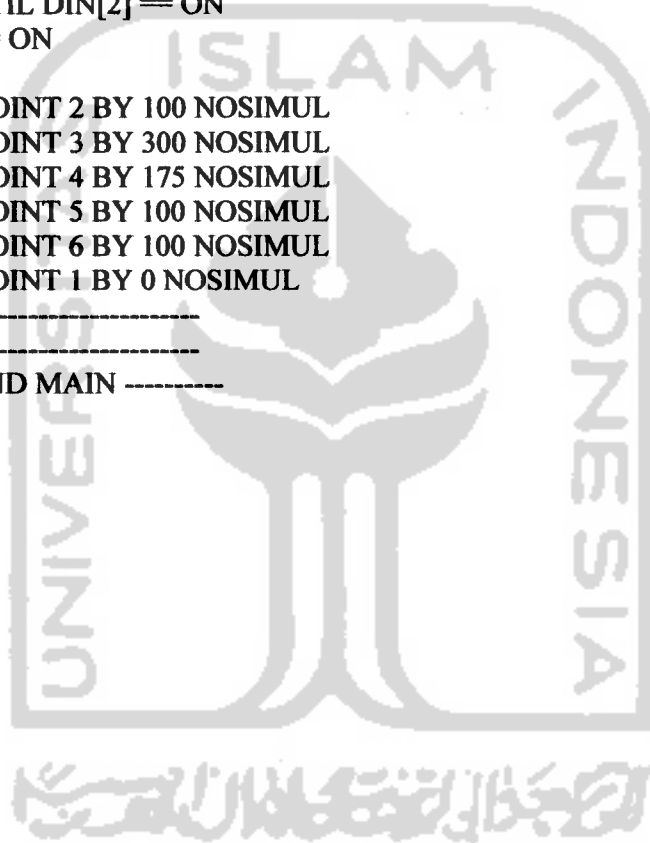
MOVE JOINT 5 BY 100 NOSIMUL

MOVE JOINT 6 BY 100 NOSIMUL

MOVE JOINT 1 BY 0 NOSIMUL

-----  
-----  
----- END MAIN -----

END JIG2



**Lampiran 2**

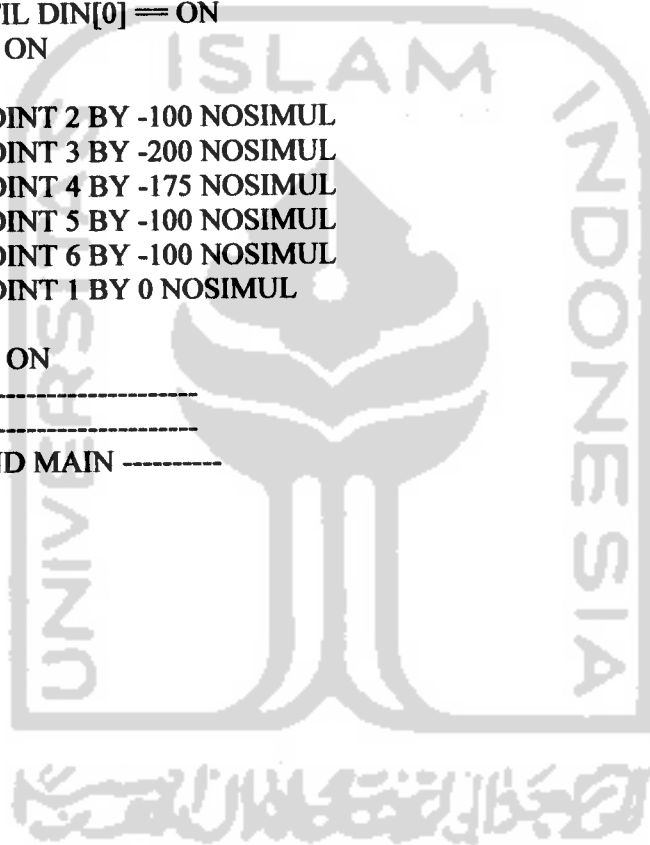
**PROGRAM JIG 1**

```
PROGRAM jig1
VAR
----- Main Declaration Section
BEGIN MAIN
$SPEED = 5
$STEPSIZE = 0.008
$SPEED_MODE = PERCENT

WAIT UNTIL DIN[0] == ON
DOUT[0] = ON

MOVE JOINT 2 BY -100 NOSIMUL
MOVE JOINT 3 BY -200 NOSIMUL
MOVE JOINT 4 BY -175 NOSIMUL
MOVE JOINT 5 BY -100 NOSIMUL
MOVE JOINT 6 BY -100 NOSIMUL
MOVE JOINT 1 BY 0 NOSIMUL

DOUT[2] = ON
-----
-----
----- END MAIN -----
END jig1
```



### Lampiran 3

### PROGRAM MANUSIA

PROGRAM MANUSIA

VAR

----- Main Declaration Section

BEGIN MAIN

\$SPEED\_MODE = PERCENT

\$SPEED =2

MOVE ALONG path1

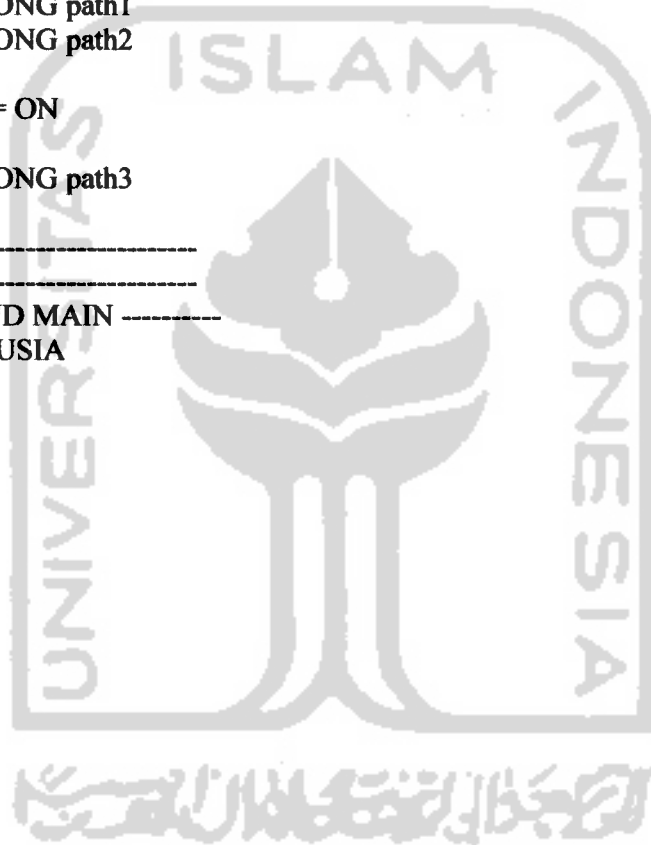
MOVE ALONG path2

DOUT [0] = ON

MOVE ALONG path3

-----  
-----  
----- END MAIN -----

END MANUSIA



**Lampiran 4**

**PROGRAM ROBOT**

PROGRAM manipulator

VAR

jig1, jig2, jig3, jig4, jig5, jig6, jig7, jig8, jig9, jig10 : POSITION

jig11, jig12, jig13, jig14, jig15, jig16, jig17, jig18 : POSITION

k, k1, k2, k3, k4, k5, k6, k7, k8 : POSITION

k9, k10, k11, k12, k13, k14, k15, k16, k17 : POSITION

----- Main Declaration Section

BEGIN MAIN

UNITS = MM

\$SPEED = 1

\$STEPSIZE = 0.0009

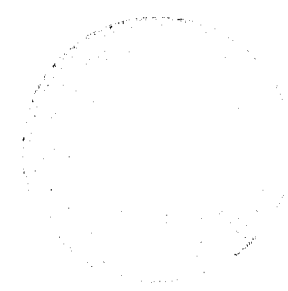
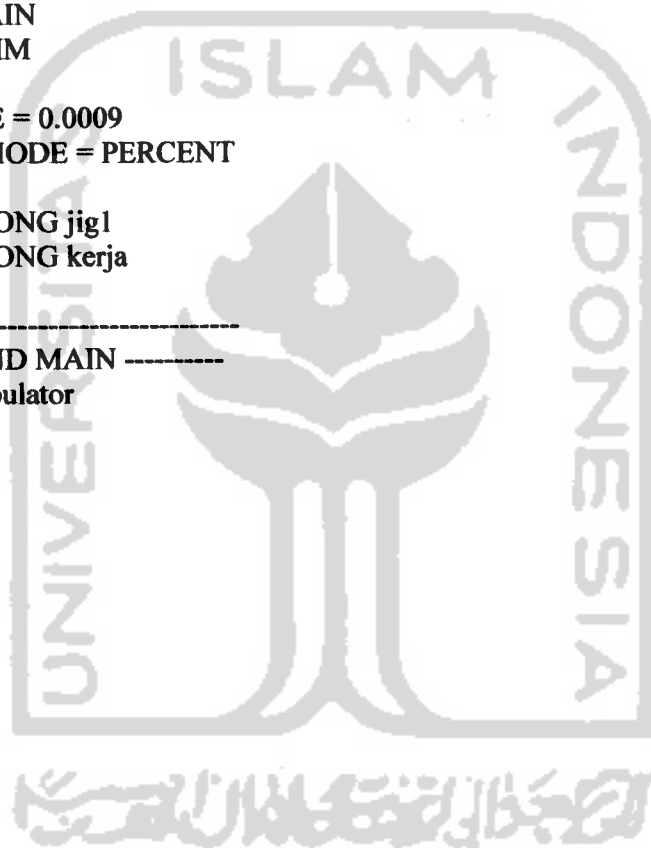
\$SPEED\_MODE = PERCENT

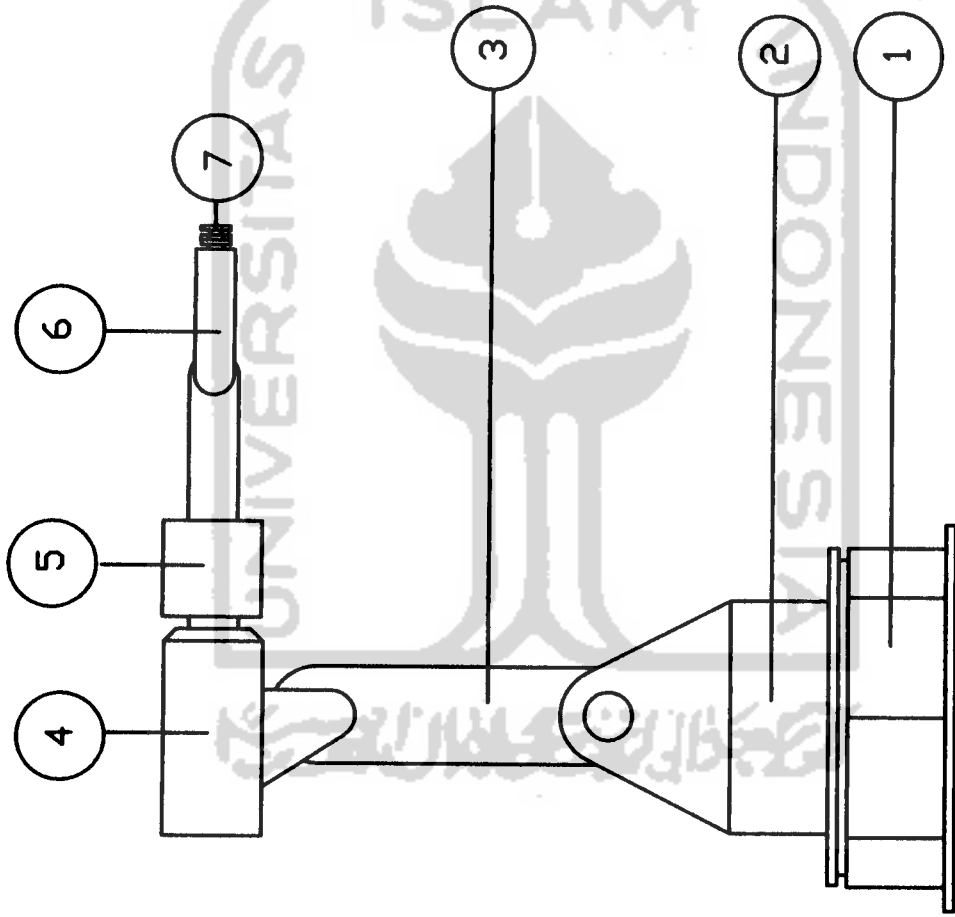
MOVE ALONG jig1

MOVE ALONG kerja

----- END MAIN -----

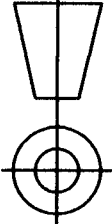
END manipulator

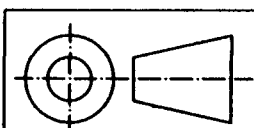
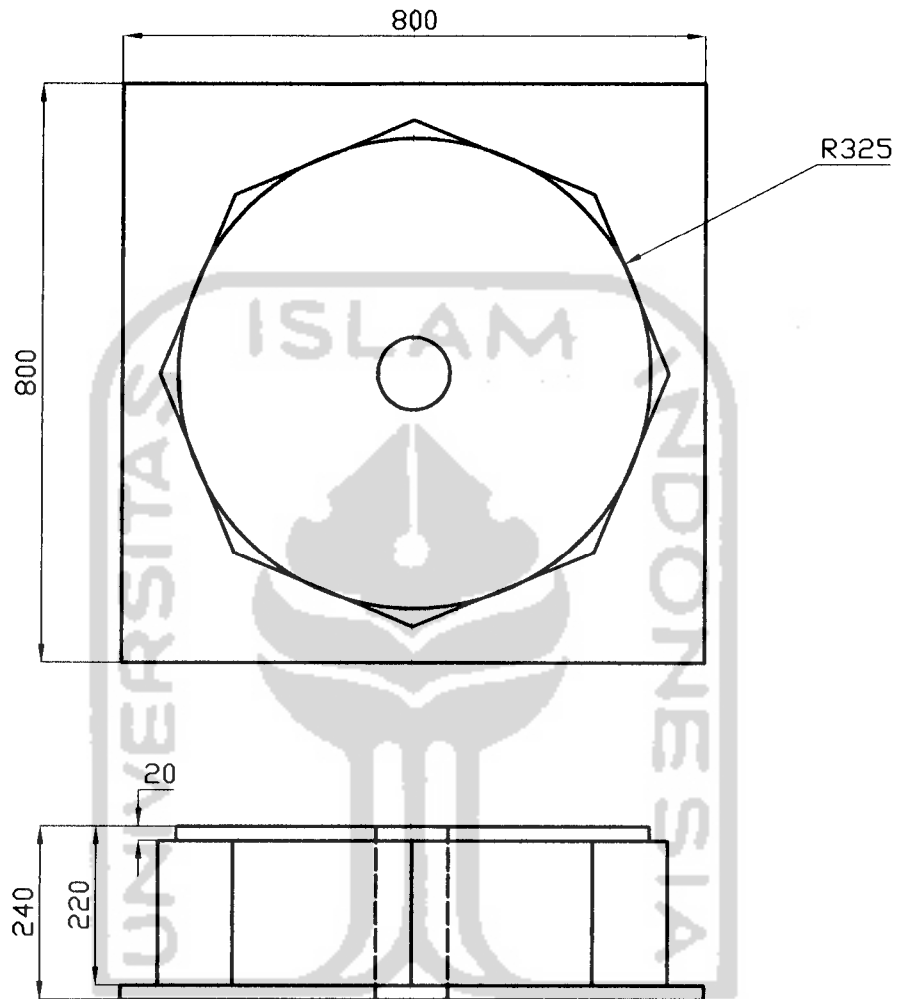




Keterangan :

1. Base
2. Link1
3. Link2
4. Link3
5. Link4
6. Link5
7. Link6

	SKALA : 1 : 15	DIGAMBAR : EKO SETIYAWAN	Peringatan :
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : TEKNIK MESIN	
	TANGGAL : 14-04-2007	DISETUJUI :	
Universitas Islam Indonesia	MANIPULATOR ARTICULATED		A <sub>4</sub>



SKALA : 1 : 10

DIGAMBAR : Eko Setiyawan

SATUAN : mm

JURUSAN : Teknik Mesin

TANGGAL : 14-04-2007

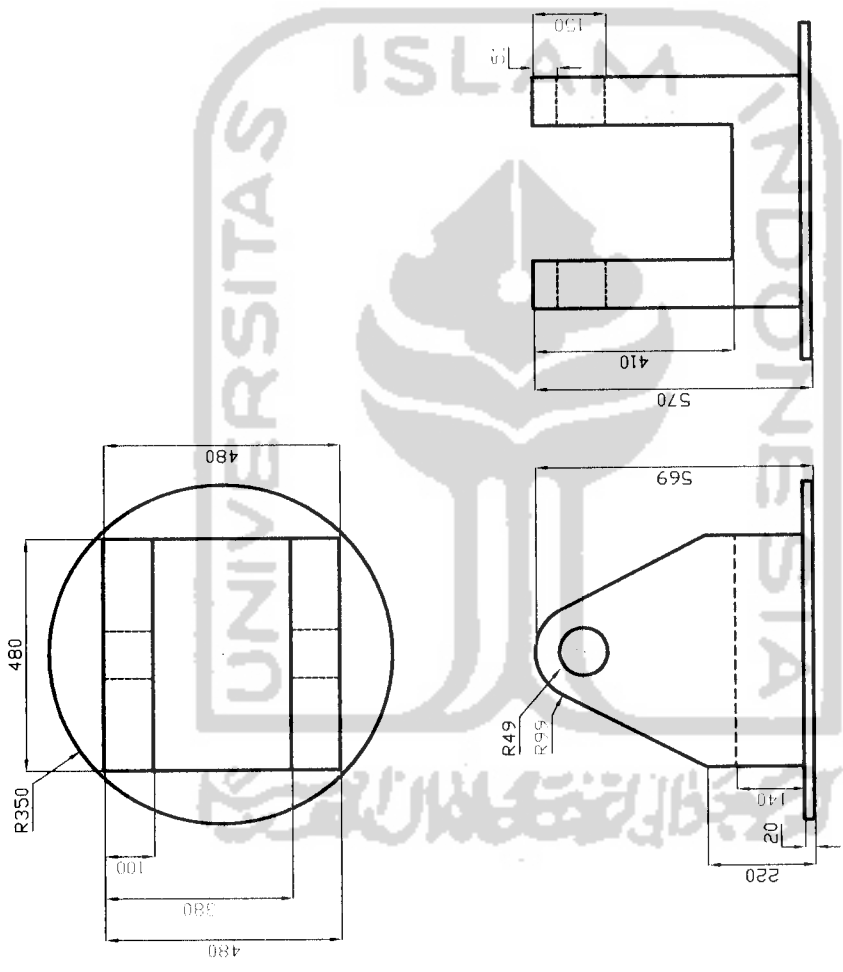
DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT

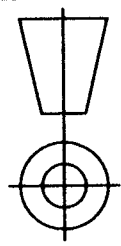
**TEKNIK MESIN U11**

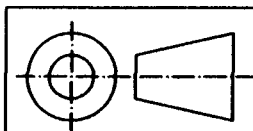
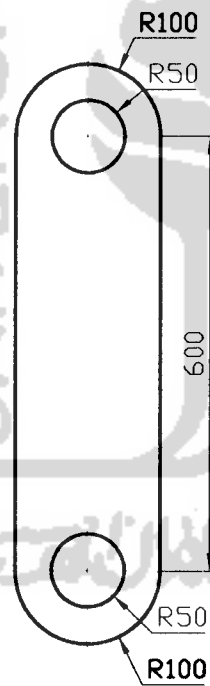
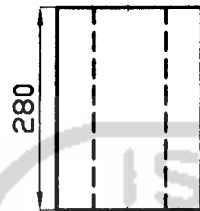
**BASE**

**A<sub>4</sub>**





	SKALA : 1 : 15	DIGAMBAR : EKO SETIYAWAN	Peringatan :
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : TEKNIK MESIN	
	TANGGAL : 14-04-2007	DISETUJUI :	
<b>Universitas Islam Indonesia</b>		Link 1	A <sub>4</sub>



**SKALA** : 1 : 10

**DIGAMBAR** : Eko Setiyawan

**SATUAN** : mm

**JURUSAN** : Teknik Mesin

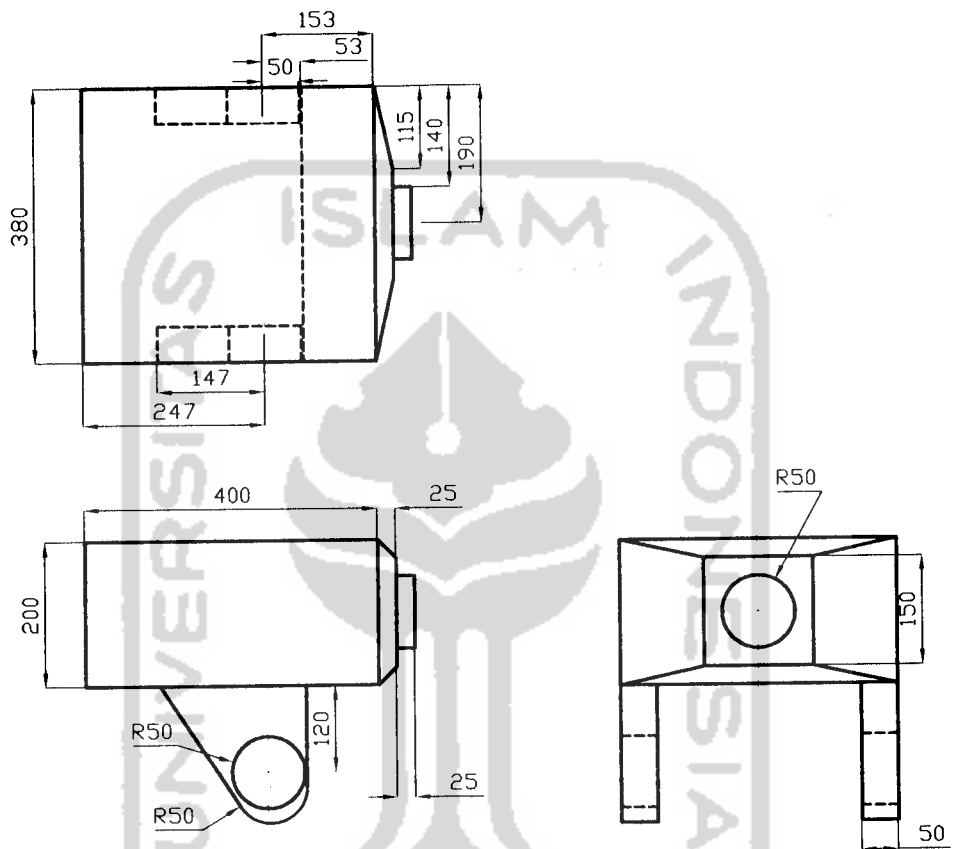
**TANGGAL** : 14-04-2007

**DISETUJUI** : Agung Nugroho Adi, ST.MT

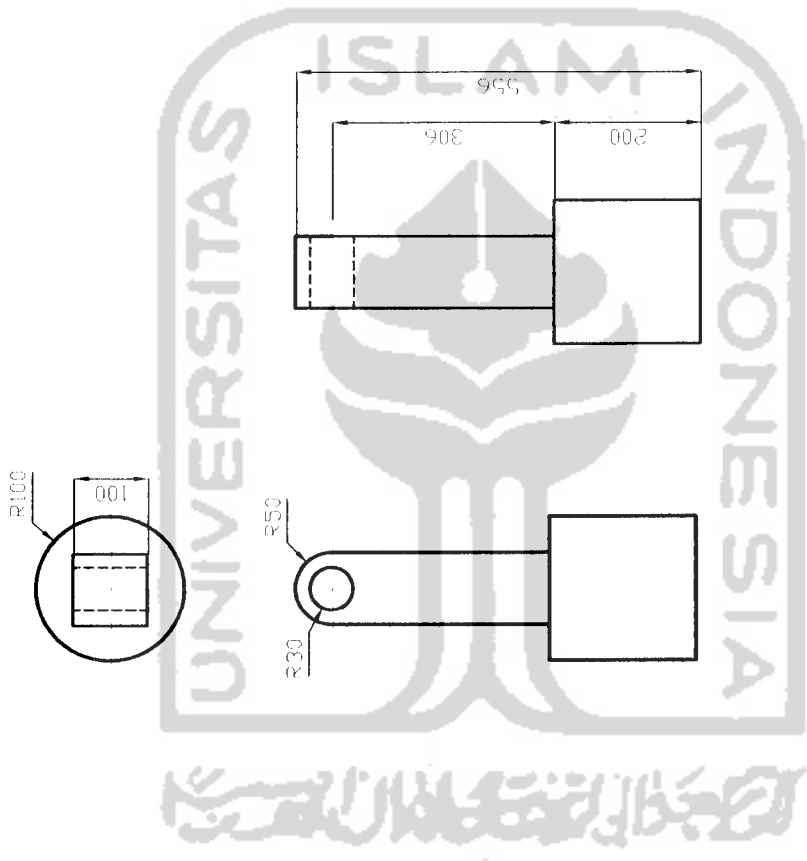
**TEKNIK MESIN UII**

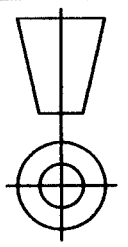
*Link2*

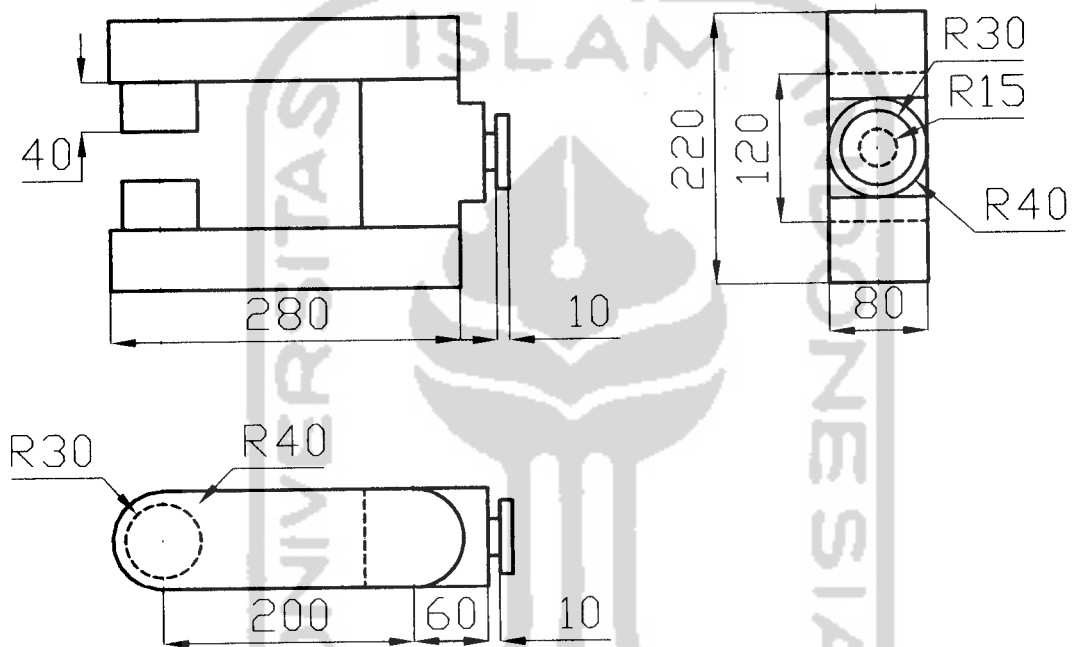
**A<sub>4</sub>**



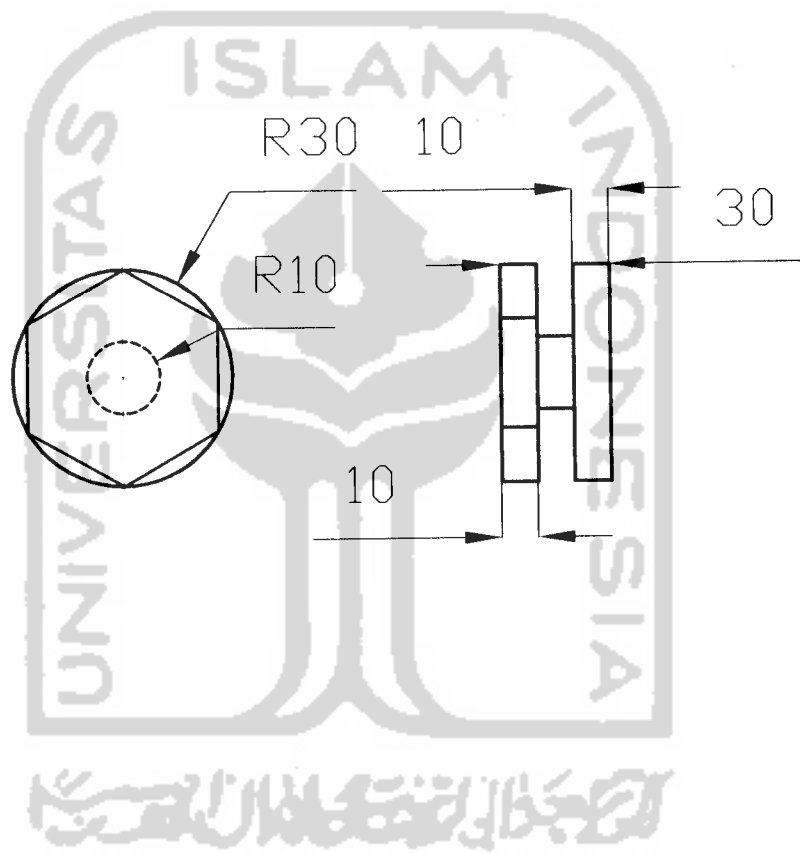
	SKALA : 1 : 10	DIGAMBAR : Eko Setiyawan	
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 14-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
<b>TEKNIK MESIN III</b>	<b>Link3</b>		<b>A<sub>4</sub></b>



	SKALA : 1 : 10	DIGAMBAR : EKO SETIYAWAN	Peringatan :
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : TEKNIK MESIN	
	TANGGAL : 14-04-2007	DISETUJUI :	
Universitas Islam Indonesia		Link 4	A <sub>4</sub>



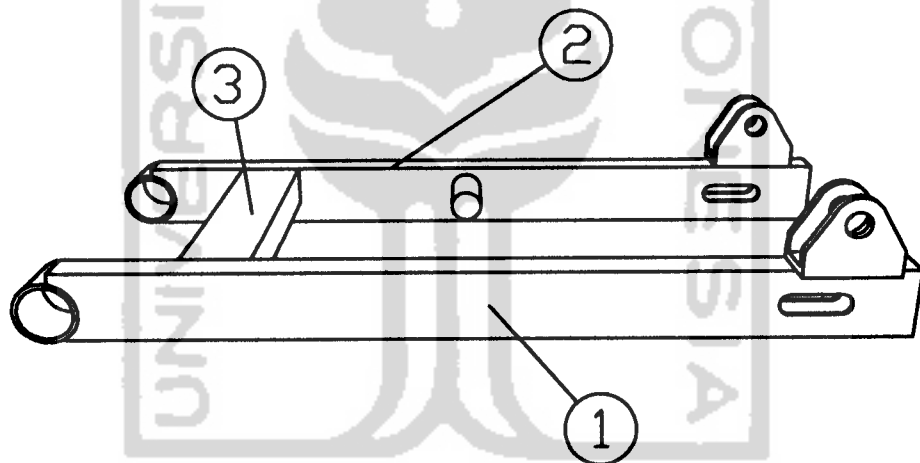
	SKALA : 1 : 17	DIGAMBAR : Eko Setyawan	
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 14-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
<b>TEKNIK MESIN III</b>	<b>Link5</b>		<b>A<sub>4</sub></b>



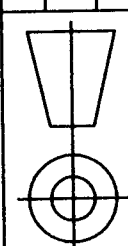
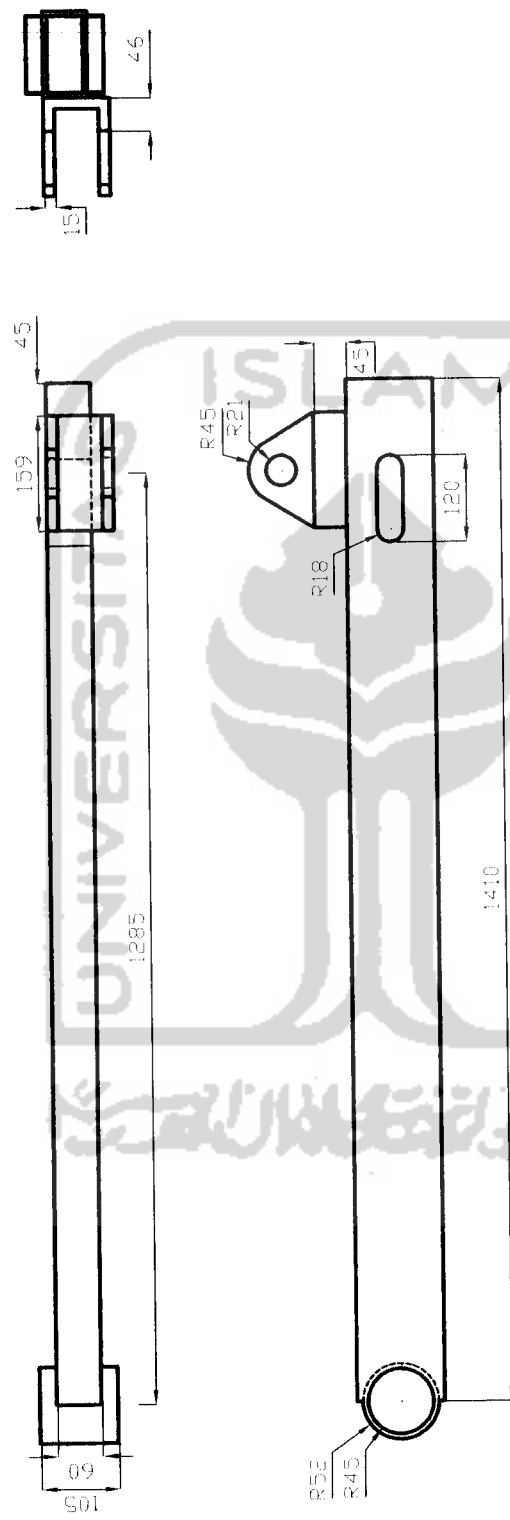
	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : Eko Setiyawan	
	SATUAN : mm	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 14-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
<b>TEKNIK MESIN III</b>	<b>Link6</b>		<b>A<sub>4</sub></b>

Keterangan :

1. Lengan Ayun Bagian 1
2. Lengan Ayun Bagian 2
3. Lengan Ayun Bagian 3



	<b>SKALA</b> : 1 : 25	<b>DIGAMBAR</b> : Eko Setyawan	
	<b>SATUAN</b> : mm	<b>JURUSAN</b> : Teknik Mesin	
	<b>TANGGAL</b> : 14-04-2007	<b>DISETUJUI</b> : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
<b>TEKNIK MESIN III</b>	<b>Lengan Ayun</b>		<b>A<sub>4</sub></b>



SKALA : 1 : 10  
 SATUAN : Milimeter  
 TANGGAL : 14-04-2007

DIGAMBAR : EKO SETIYAWAN  
 JURUSAN : TEKNIK MESIN  
 DISETUJUI :

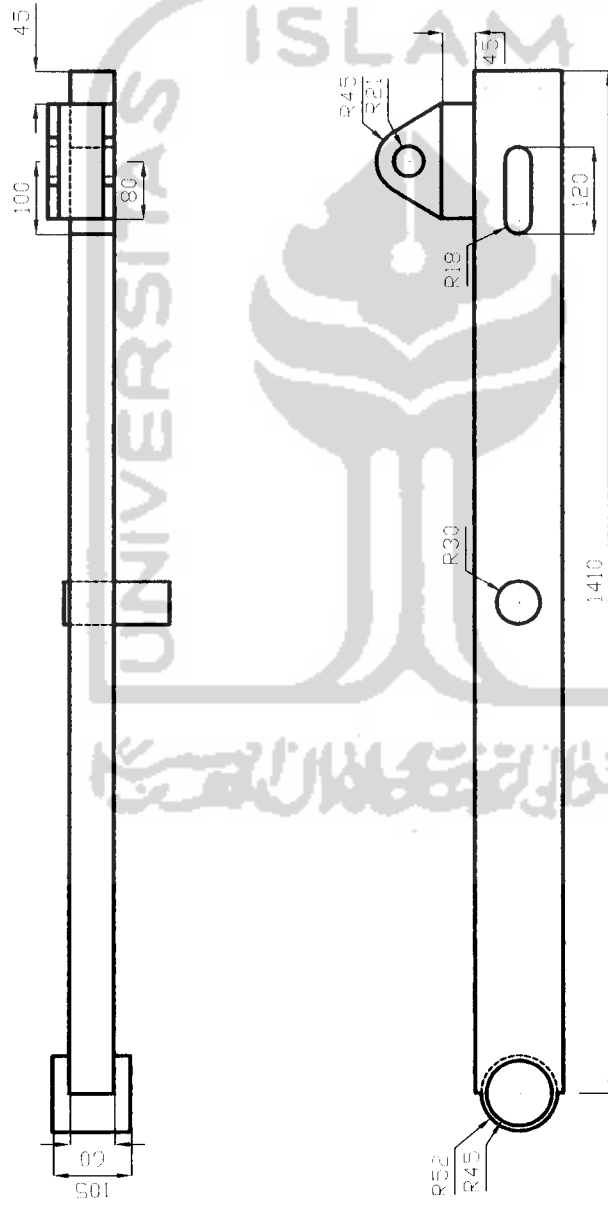
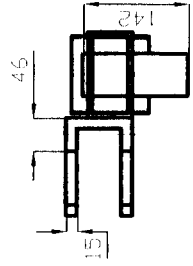
Peringatan :

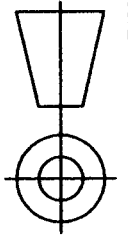
Lengan Ayun Bagian 1

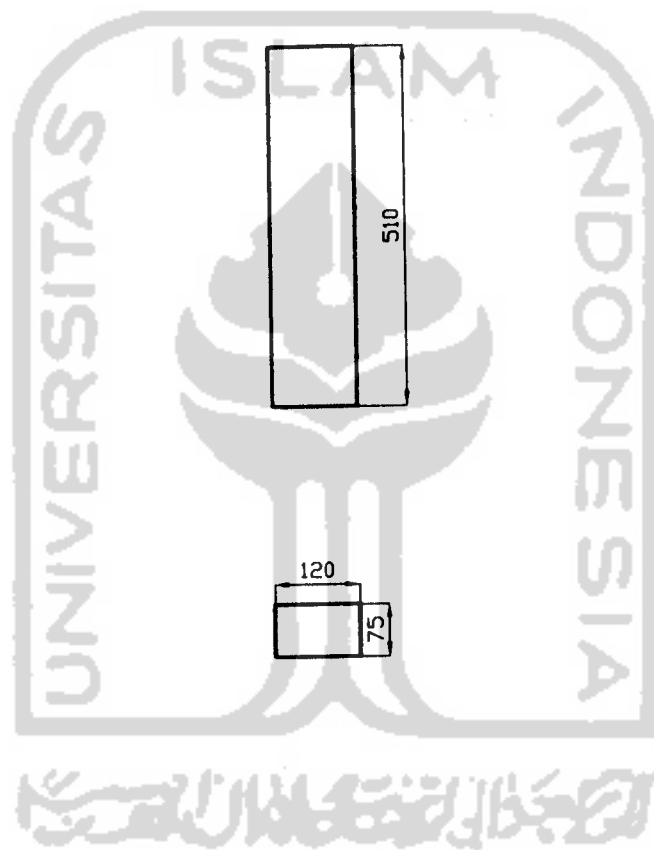
Universitas Islam  
 Indonesia

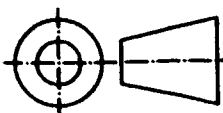
A<sub>4</sub>



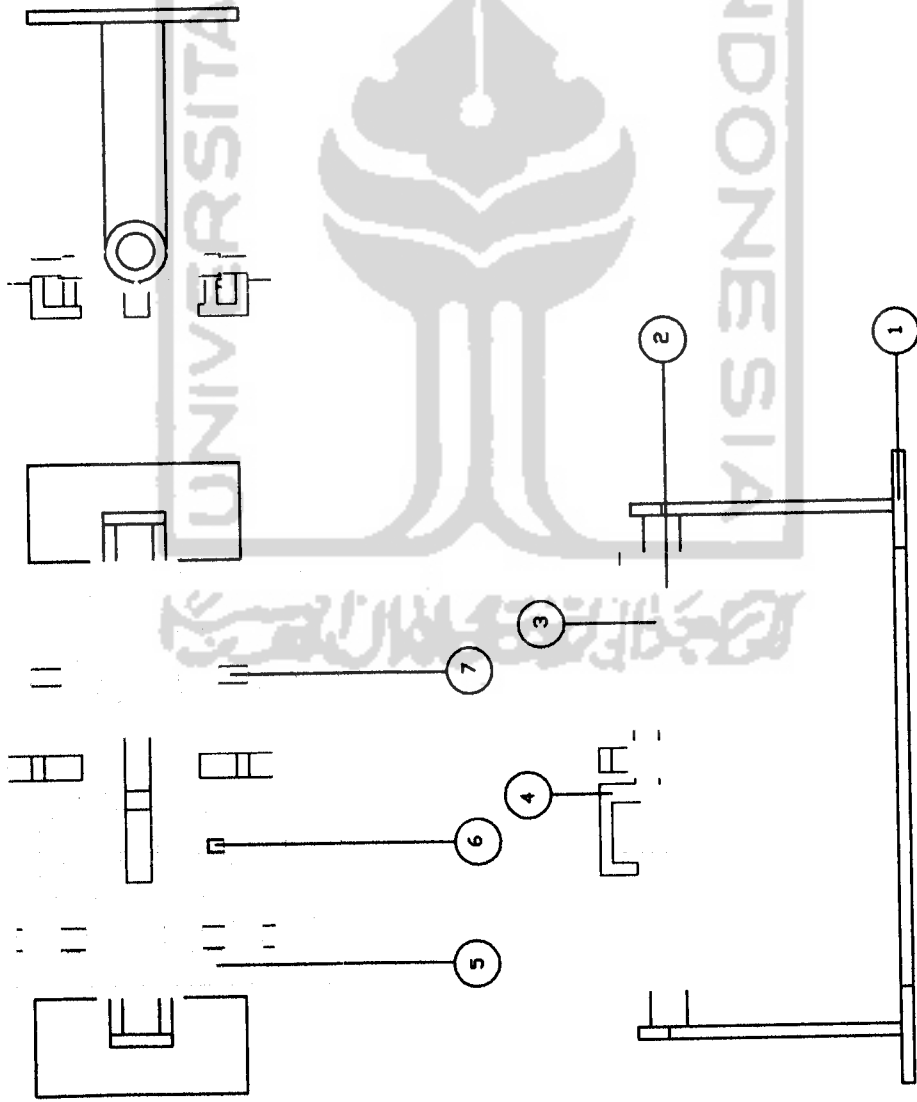


	SKALA : 1 : 10	DIGAMBAR : EKO SETIYAWAN	Peringatan :
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : TEKNIK MESIN	
	TANGGAL : 14-04-2007	DISETUJUI :	
Universitas Islam Indonesia	Lengan Ayun Bagian 2		A <sub>4</sub>

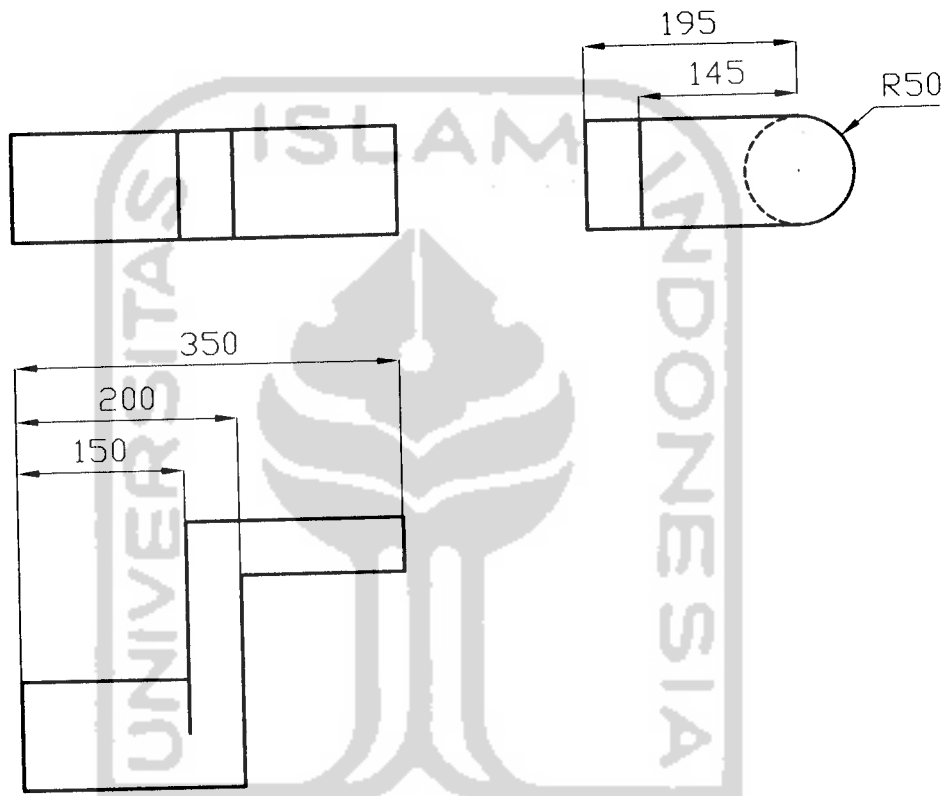


	SKALA : 1 : 10	DIGAMBAR : Eko Setiyawan	
	SATUAN : m m	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 14-04-2007	DISETUJUI : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
<b>TEKNIK MESIN III</b>	<b>Lengan Ayun Bag. 3</b>		<b>A<sub>4</sub></b>

- Keterangan :
1. Base jig
  2. Table jig
  3. Locator
  4. Clamping
  5. Stoped
  6. Levelling
  7. As clamping



	SKALA : 1 : 30	DIGAMBAR : EKO SETIYAWAN	Peringatan :
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : TEKNIK MESIN	
	TANGGAL : 14-04-2007	DISETUJUI :	
<b>Universitas Islam Indonesia</b>		<b>JIG PENGELASAN</b>	
			<b>A<sub>4</sub></b>



	<b>SKALA</b> : 1 : 7	<b>DIGAMBAR</b> : Eko Setyawan	
	<b>SATUAN</b> : mm	<b>JURUSAN</b> : Teknik Mesin	
	<b>TANGGAL</b> : 14-04-2007	<b>DISETUJUI</b> : Agung Nugroho Adi, ST.MT	
<b>TEKNIK MESIN UII</b>	<i>Clamping</i>		<b>A<sub>4</sub></b>